ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Lutfi ÇÖKTÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANILAN TİCARİ PROGRAMLARIN (SAP2000 VE STA4-CAD) DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK-2007 IŞIĞINDA KARŞILAŞTIRILMASI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

ADANA, 2010

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANILAN TİCARİ PROGRAMLARIN (SAP2000 VE STA4-CAD) DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK-2007 IŞIĞINDA KARŞILAŞTIRILMASI

Lutfi ÇÖKTÜ

YÜKSEK LİSANS

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİMDALI

Bu Tez 21/12/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....	.....	.....
Doç. Dr. H. Murat ARSLAN	Doç. Dr. A. Hamza TANRIKULU	Doç. Dr. S. Seren GÜVEN
Danışman	Üye	Üye

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE KULLANILAN TİCARİ PROGRAMLARIN (SAP2000 VE STA4-CAD) DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK-2007 IŞIĞINDA KARŞILAŞTIRILMASI

Lutfi ÇÖKTÜ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Danışman :Doç. Dr. H. Murat ARSLAN
Yıl**:** 2010**,** Sayfa**:** 117
Jüri :Doç. Dr. H. Murat ARSLAN
:Doç. Dr. A. Hamza TANRIKULU
:Doç. Dr. S. Seren GÜVEN

Bu çalışmada betonarme çok katlı yapıların Sta4-Cad ve Sap2000 paket programlarında modellemesi yapılarak düşey yükler ve yatay deprem yükleri için hesapları yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Binaya etkiyen deprem kuvvetleri, bina düzensizlikleri ve deprem kontrolleri yapılmıştır. Statik sonuçlar DBYBHY-2007'nin öngördüğü şekilde karşılaştırılmıştır. Sta4-Cad programında bulunan kat kütleleri referans alınıp Sap2000 programında da aynı değerler kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sta4-Cad, Sap2000, DBYBHY-2007, Deprem Kontrolleri

ABSTRACT

MSc THESIS

COMPARING COMMERCIAL CIVIL ENGINEERING PROGRAMS (SAP2000 VE STA4-CAD) USING CODE-2007 ABOUT BUILDINGS IN EARTHQUAKE REGION

Lutfi ÇÖKTÜ

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor :Assoc. Dr. H. Murat ARSLAN
Year: 2010, Page**:** 117
Jury :Assoc. Prof. Dr. H. Murat ARSLAN
:Assoc. Prof. Dr. A. Hamza TANRIKULU
:Assoc. Prof. Dr. S. Seren GÜVEN

In this study reinforced concrete multi-story buildings have been modeled by using Sta4-Cad and Sap2000 packaged programs and the results of calculations have been compared for vertical loads and horizontal earthquake loads cases. Earthquake forces that is affected to buildings, irregularities and earthquake controls have been done. Static results as stipulated by DBYBHY-2007 were compared. Sta4-Cad program in reference to floor mass the same data is also used in Sap2000

KeyWords: Sta4-Cad, Sap2000, DBYBHY-2007, Earthquake Controls

TEŞEKKÜR

Ders döneminde ve tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve hoşgörü ile yardımını esirgemeyen ve beni mutlak sonuca ulaştıran danışman hocam Doç. Dr. H. Murat ARSLAN'a teşekkürler. Ayrıca yüksek lisans eğitimim süresince her türlü desteği veren sevgili arkadaşlarım İsmail H. BÜTÜN, Ferhat KIRAN, İrfan S. GELİBOLU, Mustafa TANSEL ve M. Ali UKAV'a sonsuz teşekkürler.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi her zaman yanımda olan, bana daima destek veren sevgili aileme herşey için çok teşekkürler.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ.....I
ABSTRACT.....II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER.....IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....XVII
TABLOLAR DİZİNİ.....XVIII
SİMGELER DİZİNİ.....XIX
1. GİRİŞ.....1
2. MATERYAL VE METOD.....3
2.1. Materyal.....3
2.2. Sta4-Cad (Ver 13.0) Programı.....3
2.3. Sap2000 (V14.0) Programı.....4
2.4. Metod 4
3. DBYBHY - 2007.....7
3.1. Genel Hükümler.....7
3.1.1. Kapsam.....7
3.1.2. Genel İlkeler.....8
3.2. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları.....9
3.2.1. Kapsam.....9
3.2.2. Genel İlke Ve Kurallar.....9
3.2.2.1. Bina Taşıyıcı Sisteme İlişkin Genel İlkeler.....9
3.2.2.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar.....10
3.2.3. Düzensiz Binalar.....11
3.2.3.1. Düzensiz Binaların Tanımı 11
3.2.3.2. Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar.....11
3.2.4.Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması:
Spektral İvme Katsayısı.....16
3.2.4.1. Etkin Yer İvme Katsayısı.....16

3.2.4.2. Bina Önem Katsayısı.....16
3.2.4.3. Spektrum Katsayısı.....17
3.2.4.4. Özel Tasarım İvme Spektrumları.....18
3.2.5. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı.....19
3.2.5.1. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar.....19
3.2.5.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Boşluksuz Perdeli-Çerçeveli Sistemlere İlişkin Koşullar.....21
3.2.5.3. Süneklik Düzeyi Normal Bazı Sistemlerde Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar.....22
3.2.5.4.Süneklik Düzeyi Bakımından Karma Taşıyıcı Sistemlere İlişkin Koşullar.....23
3.2.5.5. Kolonları Üstten Mafsallı Binalara İlişkin Koşullar 23
3.2.6. Hesap Yönteminin Seçilmesi.....24
3.2.6.1. Hesap Yöntemleri.....24
3.2.6.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulama Sınırları.....25
3.2.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi.....25
3.2.7.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi.....26
3.2.7.2. Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları.....28
3.2.7.3. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi.....29
3.2.7.4. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler 30
3.2.8. Mod Birleştirme Yöntemi.....31
3.2.8.1. İvme Spektrumu.....31
3.2.8.2. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri.....31
3.2.8.3. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı.....32
3.2.8.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi.....33
3.2.8.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri.....34

3.2.8.6. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler.....34
3.2.9. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri.....35
3.2.9.1. Yapay Deprem Yer Hareketleri.....35
3.2.9.2. Kaydedilmiş veya Benzeştirilmiş Deprem Yer Hareketleri.....35
3.2.9.3. Zaman Tanım Alanında Hesap.....36
3.2.10. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri ve Deprem Derzleri.....36
3.2.10.1. Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması.....36
3.2.10.2. İkinci Mertebe Etkileri.....37
3.2.10.3. Deprem Derzleri.....38
4. YAPI ANALİZİ VE DÜZENSİZLİK KONTROLLERİ.....39
4.1. Analiz Yöntemleri Adımları…….39
4.1.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi Adımları.....39
4.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi Adımları …….....40
4.2. Örnekler.....43
4.2.1. Örnek 4.1. 44
4.2.1.1. Bina Bilgileri……..…….….....46
4.2.1.2. Kat Ağırlıkları..……..…….....47
4.2.1.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı…….....48
4.2.1.4. X Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....….....53
4.2.1.5. Y Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....57
4.2.2. Örnek 4.2. ……..……..……...….....62
4.2.2.1. Bina Bilgileri……..……..…..…….....64
4.2.2.2. Kat Ağırlıkları..……..…….....66
4.2.2.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı…….....66
4.2.2.4. X Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....….....71

4.2.2.5.Y Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....75
4.2.3. Örnek 4.3. 80
4.2.3.1. Bina Bilgileri…….……..…...….....82
4.2.3.2. Kat Ağırlıkları..…….…….....83
4.2.3.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı…….....84
4.2.3.4. X Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....87
4.2.3.5. Y Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....91
4.2.4. Örnek 4.4. ……..……..…….....95
4.2.4.1. Bina Bilgileri…….……..…....….....97
4.2.4.2. Kat Ağırlıkları..…….…….....98
4.2.4.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı…….....98
4.2.4.4. X Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....….....103
4.2.4.5. Y Deprem Yönüne Ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri.....….107
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER……..…….…….....113
KAYNAKLAR……..…….…….....115
ÖZGEÇMİŞ……..……...….117

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 4.1 Örnek 4.1.'in Kolon Boyutları……..…..…..…..... 47

Çizelge 4.2 Örnek 4.1.'e ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları…….....…..... 48

Çizelge 4.3 Örnek 4.1.'e ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı……..... 48

Çizelge 4.4 Örnek 4.1.'e ait Yapının Sap2000 Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 50

Çizelge 4.5 Örnek 4.1.'e ait Yapının Sta4-Cad Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 51

Çizelge 4.6 Örnek 4.1.'e ait Spektrum Katsayıları Tespiti……..... 52

Çizelge 4.7 Örnek 4.1.'e ait Spektral İvme Değerleri ve Azaltılmış İvme Spektrumu……..... 52

Çizelge 4.8 Örnek 4.1.'e ait +X Deprem Yönü için Hesaplanan Deprem Kuvveti..…….....……..…..... 53

Çizelge 4.9 Sap2000 Programı ile Örnek 4.1.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……...……..... 54

Çizelge 4.10 Sap2000 Programı ile Örnek 4.1.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü..... 54

Çizelge 4.11 Sap2000 Programı ile Örnek4.1.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü…….. 55

Çizelge 4.12 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.1.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü…...……..... 55

Çizelge 4.13 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.1.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 56

Çizelge 4.14 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.1.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü..... 56

Çizelge 4.15 Sap2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5) DepremYönü için Elde Edilen DüzensizlikKontrolleri Karşılaştırılması..... 57
Çizelge 4.16 Örnek 4.1.'e ait +Y Deprem Yönü için Modal Analiz Sonucu Hesaplanan Deprem Kuvveti…….....…… 58
Çizelge 4.17 Sap2000 Programı ile Örnek 4.1.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……..... 59
Çizelge 4.18 Sap2000 Programı ile Örnek 4.1.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 59
Çizelge 4.19 Sap2000 Programı ile Örnek 4.1.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemeleri Kontrolü..... 60
Çizelge 4.20 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.1.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü…….....……. 60
Çizelge 4.21 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.1.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 61
Çizelge 4.22 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.1.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü..... 61
Çizelge 4.23 Sap2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5) DepremYönü için Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması…. 62
Çizelge 4.24 Örnek 4.2.'nin Kolon Boyutları……..…..…..…..... 65
Çizelge 4.25 Örnek 4.2.'ye ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları…….....…..... 66
Çizelge 4.26 Örnek 4.2.'ye ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı……..……..... 67
Çizelge 4.27 Örnek 4.2.'e ait Yapının Sap2000 Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 68
Çizelge 4.28 Örnek 4.2.'ye ait Yapının Sta4-Cad Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 69
Çizelge 4.29 Örnek 4.2.'ye ait Spektrum Katsayıları Tespiti……..... 70

Çizelge 4.30 Örnek 4.2.'ye ait Spektral İvme Değerleri ve Azaltılmış İvme Spektrumu……..... 70
Çizelge 4.31 Örnek 4.2.'ye ait +X Deprem Yönü için Hesaplanan Deprem Kuvveti..…….....……...…….. 71
Çizelge 4.32 Sap2000 Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……...…….... 72
Çizelge 4.33 Sap2000 Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü..... 72
Çizelge 4.34 Sap2000 Programı ile Örnek4.2.'ye ait+X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü…. 73
Çizelge 4.35 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü…..……..... 73
Çizelge 4.36 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 74
Çizelge 4.37 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü…. 74
Çizelge 4.38 Sap2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5) DepremYönü için Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması..... 75
Çizelge 4.39 Örnek 4.2.'ye ait +Y Deprem Yönü için Hesaplanan Deprem Kuvveti….....…….....…….. 76
Çizelge 4.40 Sap2000 Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……..... 77
Çizelge 4.41 Sap2000 Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 77
Çizelge 4.42 Sap2000 Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemelerinin Kontolü…. 78

Çizelge 4.43 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……..…….. 78
Çizelge 4.44 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +Y(%5)Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü..... 79
Çizelge 4.45 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.2.'ye ait +Y(%5)Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.... 79
Çizelge 4.46 Sap2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5)Deprem Yönü için Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması..... 80
Çizelge 4.47 Örnek 4.3.'ün Kolon Boyutları……..…..…..…..... 83
Çizelge 4.48 Örnek 4.3.'e ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları…….....…..... 84
Çizelge 4.49 Örnek 4.3.'e ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı……..... 84
Çizelge 4.50 Örnek 4.3.'e ait Yapının Sap2000 Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 85
Çizelge 4.51 Örnek 4.3.'e ait Yapının Sta4-Cad Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 86
Çizelge 4.52 Örnek 4.3.'e ait Spektrum Katsayıları Tespiti……..... 87
Çizelge 4.53 Örnek 4.3.'e ait Spektral İvme Değerleri ve Azaltılmış İvme Spektrumu……..... 87
Çizelge 4.54 Örnek 4.3.'e ait +X Deprem Yönü için Hesaplanan Deprem Kuvveti..…….....…….. 88
Çizelge 4.55 Sap2000 Programı ile Örnek 4.3.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.……...…….. 88
Çizelge 4.56 Sap2000 Programı ile Örnek 4.3.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü..... 89
Çizelge 4.57 Sap2000 Programı ile Örnek4.3.'e ait+X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü…….. 89

Çizelge 4.58 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.3.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü…..……..... 89
Çizelge 4.59 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.3.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 90
Çizelge 4.60 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.3.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü…. 90
Çizelge 4.61 Sap2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5) Deprem Yönü için Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması..... 91
Çizelge 4.62 Örnek 4.3.'e ait +Y Deprem Yönü için Hesaplanan Deprem Kuvveti…….....…. 92
Çizelge 4.63 Sap2000 Programı ile Örnek 4.3.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……..... 92
Çizelge 4.64 Sap2000 Programı ile Örnek 4.3.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 93
Çizelge 4.65 Sap2000 Programı ile Örnek 4.3.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemelerinin Kontolü..... 93
Çizelge 4.66 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.3.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü…….....…..... 93
Çizelge 4.67 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.3.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 94
Çizelge 4.68 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.3.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü…. 94
Çizelge 4.69 Sap2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5) DepremYönü için Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması…. 94
Çizelge 4.70 Örnek 4.4.'ün Kolon Boyutları…..……..…..…..…..... 97
Çizelge 4.71 Örnek 4.4.'e ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları…….....…..... 98

Çizelge 4.72 Örnek 4.4.'e ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı……..... 99
Çizelge 4.73 Örnek 4.4.'e ait Yapının Sap2000 Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 100
Çizelge 4.74 Örnek 4.4.'e ait Yapının Sta4-Cad Programı ile Elde Edilen Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları..... 101
Çizelge 4.75 Örnek 4.4.'e ait Spektrum Katsayıları Tespiti……..... 102
Çizelge 4.76 Örnek 4.4.'e ait Spektral İvme Değerleri ve Azaltılmış İvme Spektrumu……..... 102
Çizelge 4.77 Örnek 4.4.'e ait +X Deprem Yönü için Hesaplanan Deprem Kuvveti.…….....…….. 103
Çizelge 4.78 Sap2000 Programı ile Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……...…… 104
Çizelge 4.79 Sap2000 Programı ile Örnek 4.4.'e ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü..... 104
Çizelge 4.80 Sap2000 Programı ile Örnek4.4.'e ait+X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü..... 105
Çizelge 4.81 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.4.'e ait +X(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma veYumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü…..……..... 105
Çizelge 4.82 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.4.'e ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 106
Çizelge 4.83 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.4.'e ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü..... 106
Çizelge 4.84 Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5) DepremYönü için Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması..... 107
Çizelge 4.85 Örnek 4.4.'e ait +Y Deprem Yönü için Hesaplanan Deprem Kuvveti…….....…… 108

Çizelge 4.86 Sap2000 Programı ile Örnek 4.4.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü……..... 108
Çizelge 4.87 Sap2000 Programı ile Örnek 4.4.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 109
Çizelge 4.88 Sap2000 Programı ile Örnek 4.4.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemelerinin Kontolü... 109
Çizelge 4.89 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.4.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü…….....….... 110
Çizelge 4.90 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.4.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontolü..... 110
Çizelge 4.91 Sta4-Cad Programı ile Örnek 4.4.'e ait +Y(%5) Deprem Yönü için Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontolü... 111
Çizelge 4.92 Sap2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5) DepremYönü için Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması... 111

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. A1 Burulma Düzensizliği Hesabı..... 14
Şekil 3.2. A2 Türü Düzensizlik Durumu..... 14
Şekil 3.3. A3 Türü Düzensizlik Durumu..... 15
Şekil 3.4. B3 Türü Düzensizlik Durumu..... 15
Şekil 3.5. Özel Tasarım İvme Spektrumu..... 19
Şekil 3.6. Eşdeğer Deprem Kuvveti Uygulama Durumları..... 28
Şekil 3.7 Deprem Doğrultsuna Dik Ağırlık Merkezi Dışmerkezlik Hesabı..... 29
Şekil 3.8. A2 Türü Düzensizliğin Bulunduğu Döşemelerde Ekdışmerkezlik Hesabı..... 29
Şekil 3.9 F_{fi} Fiktif Yük hesabı..... 30
Şekil 3.10. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler..... 31
Şekil 4.1. Örnek 4.1.'e ait Perspektif Görünüş……... 45
Şekil 4.2. Örnek 4.1.'e ait Zemin Kat Planı……... 46
Şekil 4.3. Örnek 4.2.'ye ait Perspektif Görünüş…….…... 63
Şekil 4.4. Örnek 4.2.'ye ait Zemin Kat Planı……... 64
Şekil 4.5. Örnek 4.3.'e ait Perspektif Görünüş……... 81
Şekil 4.6. Örnek 4.3.' e ait Zemin Kat Planı……... 82
Şekil 4.7. Örnek 4.4.'e ait Perspektif Görünüş…….……. 96
Şekil 4.8. Örnek 4.4.'e ait Zemin Kat Planı……... 96

TABLOLAR DİZİNİ **SAYFA**

Tablo 2.1. Düzensiz Binalar..... 12

Tablo 2.2. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)..... 16

Tablo 2.3. Bina Önem Katsayısı (I) Durumu..... 17

Tablo 2.4. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)..... 18

Tablo 2.5. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)..... 21

Tablo 2.6. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar..... 25

Tablo 2.7. Hareketli Yük Katılım Sayısı (n)..... 26

DENKLEMLER **SAYFA**

Denklem (2.1).....16
Denklem (2.2)…….....17
Denklem (2.3).....19
Denklem (2.4).....25
Denklem (2.5).....26
Denklem (2.6).....26
Denklem (2.7).....26
Denklem (2.8).....26
Denklem (2.9).....27
Denklem (2.10).....29
Denklem (2.11).....30
Denklem (2.12).....30
Denklem (2.13).....31
Denklem (2.14).....32
Denklem (2.15).....33
Denklem (2.16).....34
Denklem (2.17).....36
Denklem (2.18).....36
Denklem (2.19).....37
Denklem (2.20).....37

SİMGELER DİZİNİ

A_o : Etkin Yer İvmesi Katsayısı

B_a : Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü

B_{ax} : Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{ay} : Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_b : Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda tasarıma esas iç kuvvet büyüklüğü

B_{bx} : Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_{by} : Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda, x'e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü

B_B : Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük

B_D : B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

D_i : Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde burulma düzensizliği olan binalar için i'inci katta ± %5 ek dışmerkezliğe uygulanan büyütme katsayısı

^{DBYBHY} : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

dfi : Binanın i'inci katında Ffi fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

d_i : Binanın i'inci katında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

F_{fi} : Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük

F_i : Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü

f_e : Yapısal çıkıntının, mimari elemanın, mekanik ve elektrik donanımın ağırlık merkezine etkiyen eşdeğer deprem yükü

g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

g_i : Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük

H_i : Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum

katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)

H_N : Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)

H_w : Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

h_i : Binanın i'inci katının kat yüksekliği

I : Bina Önem Katsayısı

ℓ_w : Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

M_n : n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle

M_{xn} : Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle

M_{yn} : Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle

m_i : Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)

$m_{\theta i}$: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalışması durumunda, binanın i'inci katının kaydırılmamış kütle merkezinden geçen düşey eksene göre kütle eylemsizlik momenti

N : Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)

n : Hareketli Yük Katılım Katsayısı

qi : Binanın i'inci katındaki toplam hareketli yük

R : Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

R_{alt},$R_{üs}$: Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerin, yerinde dökme betonarme, prefabrike veya çelik binaların en üst (çatı) katı olarak kullanılması durumunda, sırası ile, alttaki katlar ve en üst kat için tanımlanan R katsayıları $R_{NÇ}$ = Tablo 2.5'te deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler

R_{YP} : Tablo 2.5'te deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdeler

tarafından taşındığı durum için tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

$R_a(T)$: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

$S(T)$: Spektrum Katsayısı

$S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme [m/s^2]

$S_{aR}(T_r)$: r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m/s^2]

T : Bina doğal titreşim periyodu [s]

T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]

T_A, T_B : Spektrum Karakteristik Periyotları [s]

T_m, T_n : Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları [s]

V_i : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti

V_t : Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)

V_{tB} : Mod Birleştirme Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birleştirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)

W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

w_e : Yapısal çıkıntının, mimari elemanın, mekanik veya elektrik donanımın ağırlığı

w_i : Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı

Y : Mod Birleştirme Yöntemi'nde hesaba katılan yeterli doğal titreşim modu sayısı

α : Deprem derzi boşluklarının hesabında kullanılan katsayı

α_S : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı

β : Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesi için kullanılan katsayı

Δ_i : Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi

ΔF_N : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü

δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin göreli kat ötelemesi

$(\delta_i)_{max}$: Binanın i'inci katındaki maksimum etkin göreli kat ötelemesi

η_{bi} : i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı

η_{ci} : i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı

η_{ki} : i'inci katta tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı

Φ_{xin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta x ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni

Φ_{yin} : Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta y ekseni doğrultusundaki yatay bileşeni

$\Phi_{\theta in}$: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, n'inci mod şeklinin i'inci katta düşey eksen etrafındaki dönme bileşeni

θ_i : i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gösterge Değeri

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yerleşik hayata geçtikten sonra nüfus artışına karşı çözüm olarak çok katlı yapılaşmaya geçmiş ve daha sonra depremin verdiği can ve mal kaybına karşı dayanıklı yapılar inşaa etme gereksinimi duymuştur.

Deprem çeşitli nedenlerle yer kabuğunda ani şekil değiştirmelerin ve büyük bir enerjinin açığa çıkması olayıdır. Deprem yer kabuğunun bir titreşimi olduğu için, yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Depreme dayanıklı yapı tasarımının en önemli özelliklerinden biri yapının iyi düzenlenmesi ve yeterli kalitede yapılması digeri ise deprem anında yapıda oluşması beklenen kesit tesirlerinin yeterli yaklaşıkla bilinmesidir. (Akça, 2007)

İlgili resmi kurumlar depreme karşı önlem almak için belirli standart ve yönetmelikler geliştirip yürürlüğe koymuşlardır (TS500, DBYBHY 2007, EUROCODE1993-Avrupa Birliği Standardı, BS-British Standardı, SNIP-Rus Standardı gibi). İlk Türk Deprem Yönetmeliği 1975 yılında yayınlandı ve aşağıdaki tarihlerde yenilenmiştir;

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1975

(9 Haziran 1975 / 15260 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır.)

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1997

(2 Eylül 1997 23098 mükerrer sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış 1 Ocak 1998 tarihinde yürürlüğe girmiş 2 Temmuz 1998 / 23390 sayılı Resmi Gazete'de değişiklik yapılmıştır.)

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007

(6 Mart 2006 / 26100 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış 1 sene sonra yürürlüğe girmiştir.)

- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binala Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına İlişkin Yönetmelik 2007

(3 Mayıs 2007 / 26511 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.) (TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı www.deprem.gov.tr)

DBYBHY-2007'nin temel unsurlarından biri yapı tasarımında üç boyutlu

analiz yapılması şartı getirmesidir. Bu nedenle herhangi bir yapı tasarlarken; tasarımın güvenilir, hızlı ve ekonomik olarak gerçekleşmesi için bilgisayar destekli paket programların (Sta4-Cad, Probina, İde-Cad gibi) proje bürolarınca kullanılması zorunlu hale gelmiştir. (Gelibolu, 2008)

Eskiden haftalarca süren proje çizim işlemi elle yapılırken, günümüzde kullanılan paket programlarca hazırlanan projeler birkaç gün içerisinde tamamlanmaktadır. Elle çözülen projenin bütün aşamaları kağıt üzerinde varolduğu için paket programca çözülen projeye göre kontrol edilmesi daha net ve kolaydır.

Projeler yetki alanına göre Belediyeler, Bayındırlık ve İskan Müdürlükleri, İnşaat Mühendisleri Odaları ve Yapı Denetim firmaları tarafından incelenmektedir. Bilgisayar paket programlarının yaptığı analizlere güvenilerekten yetkili kontrol organı tarafından boyutlandırma ve donatılandırma işlemleri dışında gerektiği gibi kontroller yapılmamaktadır. (Serimer, 2008)

Bu çalışmamızda ülkemizde birçok proje bürosunda yaygın olarak kullanılan Sta4-Cad (V13.0) programı ile kapsamlı bir analiz programı olan SAP2000 (V.14) programı kullanılarak tercih edilen örneklerde DBYBHY-2007 ışığında mod birleştirme yöntemine göre karşılaştırma yapılmıştır. Tezde çözülen örnekler özenle seçilip, akademik çalışmalara uygun olmasına dikkat edilmiştir.

Örneklerimiz ilk olarak; sonuçları dünya genelinde kabul gören Sap2000 (V.14) programı ile çözülmüştür. Daha sonra aynı girdi verileri kullanılarak Sta4-Cad (V13.0) paket programı ile çözülmüştür. Bu sayede her iki programla elde edilen veriler DBYBHY-2007 çerçevesinde deprem hesabı yapılırken istenilen kriterler çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Ancak paket programların içeriğinin ilgili standart ve yönetmeliklere göre uygunluğunun ne derecede örtüştüğünün bilinmesi mümkün değildir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Ülkemizdeki inşaat mühendisliği proje bürolarında Sta4-Cad, Probina, İde-Cad vs gibi analiz ve tasarım hesabı yapan paket programlar kullanılmaktadır. Bu tür paket programların kullanılması inşaat mühendisliği proje işlerinin hızlı ve ekonomik bir şekilde karşılanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada Sta4-Cad (V13.0) ve Sap2000 (V14.0) analiz ve tasarım programları incelenmiştir.

2.2. Sta4-Cad (V13.0) Programı

Sta4-Cad programı çok katı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme üç boyutlu analizini gerçekleştiren ve elde edilen sonuçlara göre proje çizimlerini yapan bir paket programdır.

Program, hesaplama yöntemi olarak rijitlik matris kullanılmaktadır. Yapının tümü için global stifness matrisi bir defada kurulur ve bloklama yöntemi ile tüm deplasmanlar bulunur.

Döşemeler yatay düzlemde sonsuz rijit kabul edilir. Bu sayede kat düzlemi ve eleman uçlarında olmak üzere dx, dy, qz deplasmanları bulunarak yapının denge denklemleri kurulmaktadır.Deprem analizi yapılırken aynı şekilde kat döşemeleri rijit diyafram kabul edilip her kat için (dx, dy) olmak üzere iki deplasman ile bir dönme (θz) bulunmaktadır.

Döşeme yükleri yield-line teorisine göre nonortogonal geometri dikkate alınarak kiriş ve kolonlara aktarılmaktadır. Equilibrum Metodu ile plak kırılma doğruları bulunmakta ve gerçekleştirilmektedir. Döşemelerin kolonlara gelen kısmı direkt kolona; kolon dışında kalan kısımlar ise kirişlere aktarılmaktadır.

Kirişlerin kolon içindeki bölümü sonsuz rijit kabul edilerek Moment-Alan (Mohr) Metodu ile hesaplanmaktadır. Programın statik analiz opsiyonlarında kolon-kiriş rijitlik bölgesi için sozsuz rijit- değişken rijitlik ve rijitlik bölgesi alma şeklinde üç ayrı seçenek sunulmaktadır.

Perdelere dik yönde oturan kirişlerde, lokal deformasyon etkileri dikkate alınarak elastik ankastre çözüm opsiyonel olarak programda kullanılmaktadır.

Dinamik analiz sırasında toplanmış kütle modeli kullanılmakta ve dönme kütlesel atalet momentinin hesabında, düzgün yayılı kütle kabulü yapılmaktadır.

2.3. Sap2000 (V14.0) Programı

Her türden yapının sonlu elemanlar yöntemiyle lineer ve nonlineer, üç boyutlu statikdinamik çözüm ve boyutlaması; tüm yapılar için bütünleştirilmiş analiz ve dizayn yazılım sistemi; inşaat ve deprem mühendisliğinde bilgisayar uygulamaları, Windows işletim sistemlerine uygun bir paket programdır.
Endüstriyel yapılar, köprüler, enerji iletim hatları kuleleri, kablolu yapılar, kablolu anten direkleri, bacalar, soğutma kuleleri, makina temelleri, spor tesisleri, kazık temelli yapılar, barajlar, petrol tankları, kıyı ve açık deniz yapıları, blok temeller gibi ekstrem bir çok yapı modellenebilmektedir.

Simetrik ve simetrik olmayan genel şekilli yapılar; gerçek 3 boyutta hızlı modelleme analiz-dizayn-optimizasyon; büyük sistemlerin çok hızlı analizi; betonarme, çelik, aluminyum ve ince cidarlı kesitlerin dizaynı; modal analiz, mod birleştirme yöntemine göre davranış spektrumu analizi, zaman alanında lineer ve nonlineer analiz, statik itme (pushover) analizi, kuvvet spektrumu yoğunluk (power spectral density) analizi, sismik izolatörler, viskoz damperler, inşaat aşamalarını dikkate alan modelleme ve yükleme, yüksek frekanslı infilak analizi, zemin-yapı etkileşim analizi, betonda zamana bağlı rötre ve sünme, depremde hasar görmüş ve hasar görecek yapılarda güvenlik saptaması, güçlendirme hesapları, ekranda deprem simülasyonu SAP2000'in çok geniş kullanım alanı olduğunun bir kanıtıdır.

2.4. Metod

Bu çalışmada Sta4-Cad yapı analiz ve tasarım programı ile genel amaçlı bir analiz programı olan Sap2000 programının çeşitli örneklerle DBYBHY-2007'nin Deprem Yükü Hesap Yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre

kıyaslanması yapılacaktır. Kullanılan örneklerin bilimsel çalışmalara elverişli örnekler olmasına önem gösterilmiştir. Bu örneklerin seçilmesindeki temel unsur, proje bürolarında kullanılan hazır programların kontrolü için uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada Sta4-Cad (V.13.0) ve Sap2000 (V.14.0) programları ile çözülen örneklerin tamamında kat döşemeleri rijit diyafram modeli olarak kabul edilmiştir. Çözülen örneklerde Sta4-Cad programında opsiyonel olarak seçilen tablasız kiriş seçilerek Sap2000 programı ile daha uyumlu karşılaştırılma yapılması sağlanmaktadır.

Sap2000 programında kat ağırlıkları istenilen değer olarak doğrudan uygulanabilirken; Sta4-Cad programı kat ağırlıklarını veri girişine bağlı olarak döşeme hareketli ve ölü yükleri, kiriş ölü yükü, kolon ve kiriş ebatları ile duvarda kullanılan malzemeye göre ağırlıklarını hesaplayarak bulmaktadır.

Bu sebeple yapılan çalışmada her iki programdaki veri karşılaştırmaların anlamlı olması için örneklerde Sta4-Cad programıyla hesaplanan kat yükleri referans alınmıştır. Ayrıca tüm örnekler için zemin sınıfı, zemin emniyet gerilmesi ve yatak katsayısı, deprem bölgesi değerleri aynı alınmıştır.

Sta4-Cad programı yapılardaki deprem etkisi için DBYBHY-2007'de belirtilen Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Mod Birleştirme Yöntemini kullanmaktadır. Her iki yöntem için programda opsiyonel seçim hakkı sunulmuş olup DBYBHY-2007 şartları dikkate alınarak sonuçlar değerlendirilmektedir.

Sta4-Cad ve Sap2000 programlarında örnekler çözülürken 1. kat kolonların zemine ankastre bağlandığı kabul edilmiştir. Tüm örnekler için beton elastisite modülü 302500 kg/cm^2 olarak verilmiştir. Ayrıca Sta4-Cad programında bina ağırlığı hesabında kullanılmak üzere beton yoğunluğu 2,5 t/m^3 alınmıştır.

Örneklerde, dikdörtgen kesitli perdeler Sta4-Cad programında geniş kolon modeli ile kayma deformasyonları da dikkate alınarak çözülürken, poligon kesitli kolon veya perdeler Shear Wall Modeli (Ghali, A., Neville, A.M., 1978) ile çözülmektedir (Duman, M., 2000).

Sta4-Cad programında ise modal analiz uygulanırken kat kütle merkezine, birbirine dik iki doğrultuda serbestlik derecesi ile dönme serbestlik

derecesi hesaplanmaktadır. Böylece ağırlık merkezine göre hesaplanan yapı periyotları kullanılarak spektrum analizi yapılmaktadır.Bu analiz sonucunda bulunan X ve Y deprem yönlerine ait deprem tasarım kuvvetleri daha sonra ağırlık merkezinin deprem yönlerine dik olacak şekilde ±%5 kaydırılmasıyla bulunan noktalara dış yük olarak etki ettirilmektedir.Bu yükleme sonucunda bulunan deplasman kontrolleri yapılarak DBYBHY-2007'de istenilen düzensizlik kontrolleri yapılmaktadır.

Ayrıca modal analiz sonucunda bulunan her modun X ve Y yönü etkin kütle oranları bulunması gerekirken, her modun ağırlıklı kütle yönü hesaplanmakta; diğer yönlerden etki eden etkin kütle oranı dikkate alınmamaktadır.

3. DBYBHY - 2007

Bu yönetmelik deprem bölgelerinde yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektir.

3.1. Genel Hükümler

3.1.1. Kapsam

Bu Yönetmelik hükümleri, deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ile daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanır.

Kullanım amacı ve/veya taşıyıcı sistemi değiştirilecek, deprem öncesi veya sonrasında performansı değerlendirilecek ve güçlendirilecek olan mevcut binalar için uygulanacak hükümler Yönetmeliğin 7. bölümünde verilmiştir.

Bu Yönetmelik hükümleri, betonarme (yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrike), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir.

Ahşap bina ve bina türü yapılara uygulanacak minimum koşul ve kurallar, ilgili yönetmelik hükümleri yürürlüğe konuluncaya dek, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.

Binalar ve bina türü yapılar dışında, tasarımının bu yönetmelik hükümlerine göre yapılmasına izin verilen bina türü olmayan diğer yapılar, Bölüm yönetmeliğin 4. bölümünde tanımlanan yapılarla sınırlıdır. Bu bağlamda; köprüler, barajlar, kıyı ve liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer santrallar, doğal gaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yer altında bulunan yapılar ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

Bina taşıyıcı sistemini deprem hareketinden yalıtmak amacı ile, bina

taşıyıcı sistemi ile temelleri arasında özel sistem ve gereçlerle donatılan veya diğer aktif ve pasif kontrol sistemlerini içeren binalar, bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

Bu Yönetmeliğin kapsamı dışındaki yapılara uygulanacak koşul ve kurallar, kendi özel yönetmelikleri yapılıncaya dek, ilgili Bakanlıklar tarafından çağdaş uluslararası standartlar gözönünde tutularak saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.

3.1.2. Genel İlkeler

Bu Yönetmeliğe göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmasıdır. Mevcut binaların değerlendirmesi ve güçlendirilmesinde esas alınan performans kriterleri Bölüm 7'de tanımlanmıştır.

Bu Yönetmeliğe göre yeni binaların tasarımında esas alınacak tasarım depremi, yukarıda tanımlanan şiddetli depreme karşı gelmektedir. Tablo2.3'te tanımlanan Bina Önem Katsayısı I = 1 olan binalar için, tasarım depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10'dur. Farklı aşılma olasılıklı depremler, mevcut binaların değerlendirmesi ve güçlendirilmesinde gözönüne alınmak üzere Bölüm 7'de tanımlanmıştır.

Bu Yönetmelikte belirtilen deprem bölgeleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca hazırlanan ve 18/04/1996 tarihli ve 96/8109 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'ndaki birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgeleridir.

Bu Yönetmeliğe göre deprem bölgelerinde yapılacak binalar, malzeme ve işçilik koşulları bakımından Türk Standartları'na ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı "Genel Teknik Şartnamesi" kurallarına uygun olacaktır.

3.2. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları

3.2.1 Kapsam

Genel ilkeler bölümünde tanımlanan deprem bölgelerinde yeni yapılacak tüm yerinde dökme ve prefabrike betonarme binalar ile çelik binalar ve bina türü yapıların depreme dayanıklı olarak hesaplanmasında esas alınacak deprem yükleri ve uygulanacak hesap kuralları bu bölümde tanımlanmıştır. Yığma binalara ilişkin kurallar ise Bölüm 4.5'de anlatılmıştır.

Bina temellerinin ve zemin dayanma(istinat) yapılarının hesabına ilişkin kurallar Bölüm 4.6'da anlatılmıştır.

Bina türünde olmayan, ancak bu bölümde verilen kurallara göre hesaplanmasına izin verilen yapılar, Bölüm 4..12'de belirtilenlerle sınırlıdır.

Mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için uygulanacak hesap kuralları Bölüm 4.7'de verilmiştir.

3.2.2 Genel İlke Ve Kurallar

3.2.2.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.

Döşeme sistemleri, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli olmayan durumlarda, döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmelidir.

Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, bu Yönetmelikte Bölüm 3 ve Bölüm 4'de belirtilen sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

Düzensiz binaların tasarımından ve yapımından kaçınılmalıdır. Taşıyıcı

sistem planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmeli ve Tablo 2.1'de A1 başlığı ile tanımlanan burulma düzensizliğine olabildiğince yer verilmemelidir. Bu bağlamda, perde vb rijit taşıyıcı sistem elemanlarının binanın burulma rijitliğini arttıracak biçimde yerleştirilmesine özen gösterilmelidir. Düşey doğrultuda ise özellikle Tablo 2.1'de B1 ve B2 başlıkları ile tanımlanan ve herhangi bir katta zayıf kat veya yumuşak kat durumu oluşturan düzensizliklerden kaçınılmalıdır.

Yönetmeliğin 6. bölümünde tanımlanan (C) ve (D) gruplarına giren zeminlere oturan kolon ve özellikle perde temellerindeki dönmelerin taşıyıcı sistem hesabına etkileri, uygun idealleştirme yöntemleri ile gözönüne alınmalıdır.

3.2.2.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar

Binalara etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesi için, bu bölümde aksi belirtilmedikçe Denk.(2.4)'te tanımlanan Spektral İvme Katsayısı ve Denk.(2.5)'te tanımlanan DepremYükü Azaltma Katsayısı esas alınacaktır.

Bu Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri varsayılacaktır. Gözönüne alınan doğrultulardaki depremlerin ortak etkisine ilişkin hükümler **2.7.4'te** verilmiştir.

Deprem yükleri ile diğer yüklerin ortak etkisi altında binanın taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak tasarım iç kuvvetlerinin taşıma gücü ilkesine göre hesabında kullanılacak yük katsayıları, bu Yönetmelikte aksi belirtilmedikçe, ilgili yapı yönetmeliklerinden alınacaktır.

Deprem yükleri ile rüzgar yüklerinin binaya aynı zamanda etkimediği varsayılacak ve her bir yapı elemanının boyutlandırılmasında, deprem ya da rüzgar etkisi için hesaplana büyüklüklerin elverişsiz olanı gözönüne alınacaktır. Ancak, rüzgardan oluşan büyüklüklerin daha elverişsiz olması durumunda bile; elemanların boyutlandırılması, detaylandırılması ve birleşim noktalarının düzenlenmesinde, bu Yönetmelikte belirtilen koşullara uyulması zorunludur.

3.2.3. Düzensiz Binalar

3.2.3.1. Düzensiz Binaların Tanımı

Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımından ve yapımından kaçınılması gereken düzensiz binalar'ın tanımlanması ile ilgili olarak, planda ve düşey doğrultuda düzensizlik meydana getiren durumlar Tablo 2.1'de, bunlarla ilgili koşullar ise 2.3.2'de verilmiştir.

3.2.3.2. Düzensiz Binalara İlişkin Koşullar

A1 ve B2 türü düzensizlikler, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir. A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içinde deprem kuvvetlerini düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarabildiği hesapla doğrulanacaktır.

B1 türü düzensizliğinin bulunduğu binalarda, gözönüne alınan i'inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci}'nin hesabında dolgu duvarları gözönüne alınmayacaktır. $0.60 \leq (\eta_{ci})_{min} < 0.80$ aralığında Tablo 2.5'te verilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı, 1.25 $(\eta_{ci})_{min}$ değeri ile çarpılarak her iki deprem doğrultusunda binanın tümüne uygulanacaktır.Ancak hiçbir zaman $\eta_{ci} < 0,60$ olmayacaktır. Aksi durumda, zayıf katın dayanımı ve rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar, bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere, aşağıda belirtilmiştir:

(a)Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

(b)Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde,

düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.

(c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

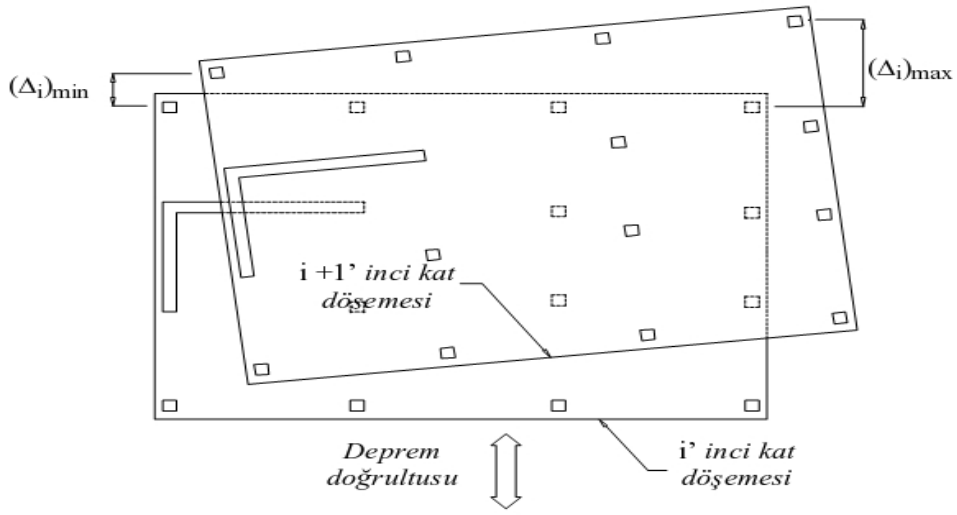
(d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez.

Tablo 2.1. Düzensiz Binalar

A–PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	**İlgili Maddeler**
A1 – Burulma Düzensizliği : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı ηbi 'nin 1.2'den büyük olması durumu (Şekil 3.1). [$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$] Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak, 3.3'e göre yapılacaktır.	4.1.2.1
A2 – Döşeme Süreksizlikleri : Herhangi bir kattaki döşemede (Şekil 3.2); **I** – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, **II** – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, **III** – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	4.1.2.2
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması : Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (Şekil 3.3).	4.1.2.2

Tablo 2.1.Düzensiz Binalar

B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) : Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı ηci'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80]$ Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı: $\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15\ \Sigma A_k$	4.1.2.3
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) : Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı ηki 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0$ Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de göz önüne alınarak 3.3'ye göre yapılacaktır.	4.1.2.1
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (Şekil 3.4).	4.1.2.4



Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda

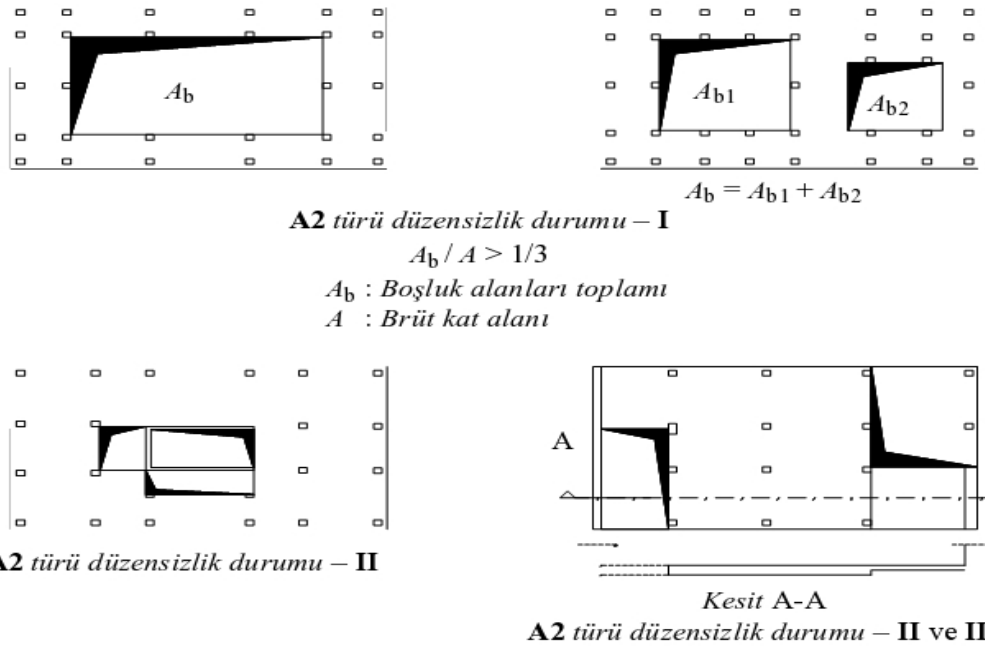
$$(\Delta_i)_{ort} = 1/2\ [(\Delta_i)_{max} + (\Delta_i)_{min}]$$

Burulma düzensizliği katsayısı :

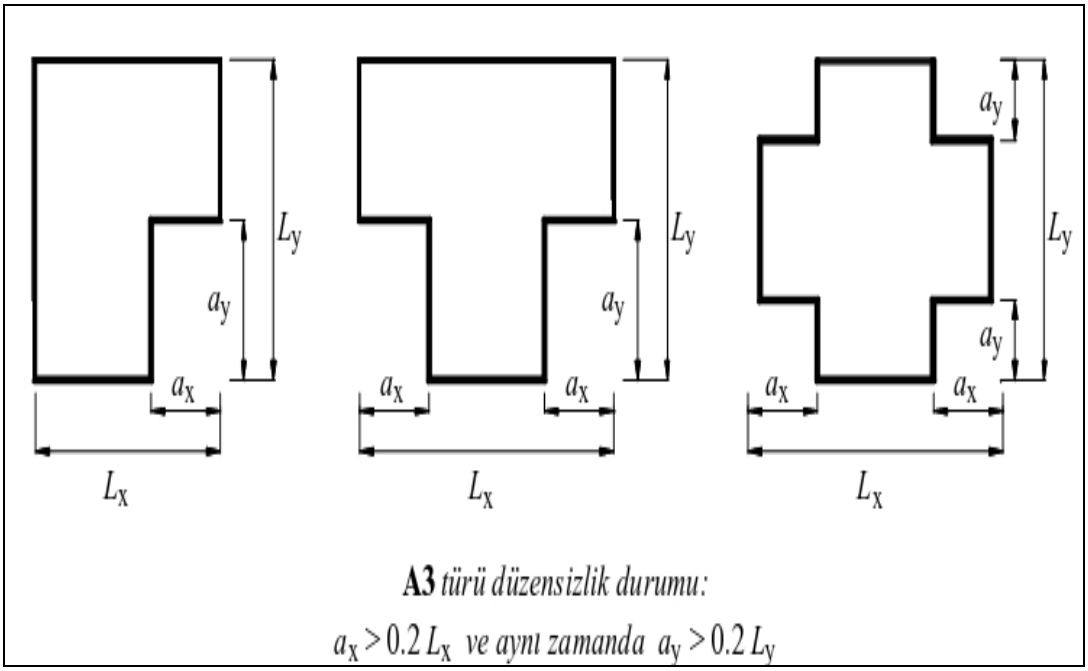
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort}$$

Burulma düzensizliği durumu : $\eta_{bi} > 1.2$

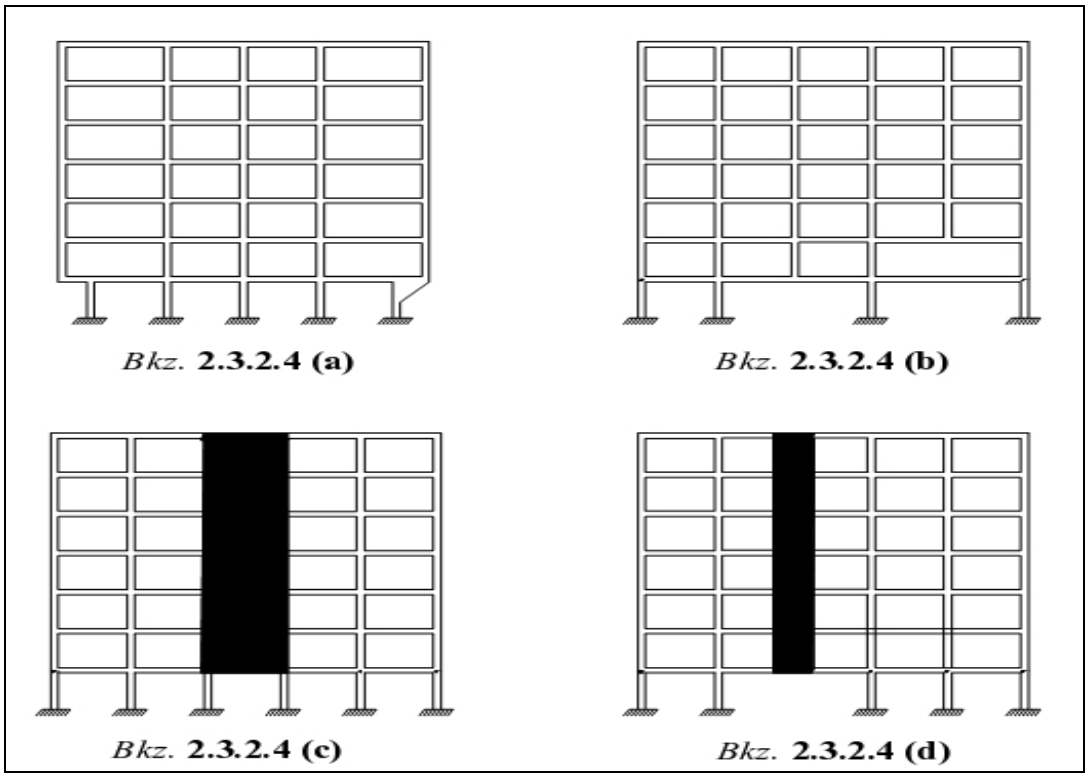
Şekil 3.1. A1 Burulma Düzensizliği Hesabı.



Şekil 3.2**.** A2 Türü Düzensizlik Durumu.



Şekil 3.3**.** A3 Türü Düzensizlik Durumu.



Şekil 3.4**.** B3 Türü Düzensizlik Durumu.

3.2.4.Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, A(T), Denk.(2.1) ile verilmiştir. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_{ae}(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g'nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_0 \, I \, S(T) \qquad (2.1)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \, g$$

3.2.4.1. Etkin Yer İvme Katsayısı

Denk.(2.1)'de yer alan Etkin İvme Yer İvmesi Katsayısı A_0, Tablo 3.2.'de tanımlanmıştır.

Tablo 2.2. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	**A_0**
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

3.2.4.2. Bina Önem Katsayısı

Denk.(2.1)'de yer alan Bina Önem Katsayısı, I, Tablo 3.3'te tanımlanmıştır.

Tablo 2.3. Bina Önem Katsayısı (I).

Binanın Kullanım Amacı veya Türü	**Bina Önem Katsayısı (I)**
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1,4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1,0

3.2.4.3. Spektrum Katsayısı

Denk.(2.1)'de yer alan Spektrum Katsayısı S(T), yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T'ye bağlı olarak Denk.(2.2) ile hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1{,}5\frac{T}{T_A} \qquad (0 \le T \le T_A) \tag{2.2}$$

$$S(T) = 2{,}5 \qquad (T_A \le T \le T_B)$$

$$S(T) = 2{,}5\left(\frac{T_B}{T}\right)^{0,8} \qquad (T_B < T)$$

Denk.(2.2)' deki Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B, yönetmeliğin 6. bölümünde tanımlanan Yerel Zemin Sınıfları'na bağlı olarak Tablo 3.4.'de verilmiştir.

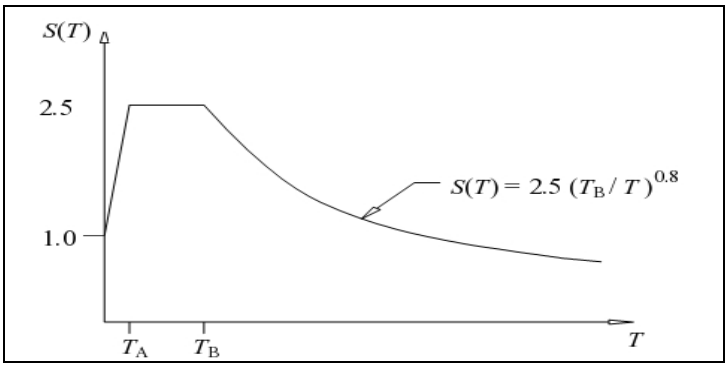
Tablo 2.4. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	**T_A (saniye)**	**T_B (saniye)**
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Yönetmeliğin 6.bölümde belirtilen zemin koşulların yerine getirilmemesi durumunda, Tablo 2.4'de yerel zemin sınıfı için tanımlanan spektrum karakteristik periyotları kullanılacaktır.

3.2.4.4. Özel Tasarım İvme Spektrumları

Gerekli durumlarda elastik tasarım ivme spektrumu, yerel deprem ve zemin koşulları gözönüne alınarak yapılacak özel araştırmalarla da belirlenebilir. Ancak, bu şekilde belirlenecek ivme spektrumu ordinatlarına karşı gelen spektral ivme katsayıları, tüm periyotlar için, Tablo 2.4'teki ilgili karakteristik periyotlar gözönüne alınarak Denk.(2.1)'den bulunacak değerlerden hiçbir zaman daha küçük olmayacaktır.



Şekil 3.5**.** Özel Tasarım İvme Spektrumu.

3.2.5.Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere, Tablo 2.4'de verilen spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için Tablo 2.5'te tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak Denk.(2.3) ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1{,}5 + (R - 1{,}5)\frac{T}{T_A} \qquad (0 \le \mathrm{T} \le \mathrm{T_A}) \qquad (2.3)$$

$$R_a(T) = R \qquad (0 \le \mathrm{T_A} < \mathrm{T})$$

3.2.5.1. Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları Tablo 2.5'te verilen süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler ve süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler'e ilişkin tanımlar ve uyulması gerekli koşullar, betonarme binalar için yönetmeliğin 3. bölümünde, çelik binalar için 4. bölümde verilmiştir.

Tablo 2.5'te süneklik düzeyi yüksek olarak gözönüne alınacak taşıyıcı sistemlerde, süneklik düzeyinin her iki yatay deprem doğrultusunda da yüksek olması

zorunludur. Süneklik düzeyi bir deprem doğrultusunda yüksek veya karma, buna dik diğer deprem doğrultusunda ise normal olan sistemler, her iki doğrultuda da süneklik düzeyi normal sistemler olarak sayılacaktır.

Süneklik düzeyleri her iki doğrultuda aynı olan veya bir doğrultuda yüksek, diğer doğrultuda karma olan sistemlerde, farklı doğrultularda birbirinden farklı R katsayıları kullanılabilir.

Perde içermeyen kirişsiz döşemeli betonarme sistemler ile, kolon ve kirişleri yönetmeliğin 3. bölümünde verilen koşullardan herhangi birini sağlamayan dolgulu veya dolgusuz dişli ve kaset döşemeli betonarme sistemler, süneklik düzeyi normal sistemler olarak gözönüne alınacaktır.

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde;

(a) Aşağıdaki (b) paragrafı dışında, taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler'in kullanılması zorunludur.

(b) Tablo 2.3'e göre Bina Önem Katsayısı I = 1.2 ve I = 1.0 olan çelik binalarda, $H_N \leq 16$ m olmak koşulu ile, sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemler kullanılabilir.

(c) Tablo 2.3'e göre Bina Önem Katsayısı I = 1.5 ve I = 1.4 olan tüm binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler veya süneklik düzeyi bakımından karma taşıyıcı sistemler kullanılacaktır.

Perde içermeyen süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler'e, sadece üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde, aşağıdaki koşullarla izin verilebilir:

(a) 2.5.1.4'te tanımlanan betonarme binalar, $H_N \leq 13$ m olmak koşulu ile yapılabilir.

(b) 2.5.1.4'te tanımlananların dışında, taşıyıcı sistemi sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşan betonarme ve çelik binalar, $H_N \leq 25$ m olmak koşulu ile yapılabilir.

Tablo 2.5**.** Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R).

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	**Süneklik Düzeyi Normal Sistemler**	**Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler**
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar…….....…….....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7
(2) PREFABRİKE BETONARME BİNALAR		
(2.1) Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar….....	3	7
(2.2) Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar.....	—	3
(2.3) Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar…….....	—	5
2.4) Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar……..…….	3	6

3.2.5.2.Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Boşluksuz Perdeli-Çerçeveli Sistemlere İlişkin Koşullar

Deprem yüklerinin süneklik düzeyi yüksek boşluksuz (bağ kirişsiz) betonarme perdeler ile süneklik düzeyi yüksek betonarme veya çelik çerçeveler tarafından birlikte taşındığı binalara ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

Bu tür sistemlerde, Tablo 2.5'te yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için verilen R = 7'nin veya prefabrike betonarme çerçeve durumu için verilen R = 6'nın kullanılabilmesi için, boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olmayacaktır ($\alpha_s \leq 0.75$).

Yukarıdaki koşulun sağlanamaması durumunda, $0.75 < \alpha_S \leq 1.0$ aralığında kullanılacak R katsayısı, yerinde dökme betonarme ve çelik çerçeve durumu için $R = 10 - 4\,\alpha_S$ bağıntısı ile, prefabrike betonarme çerçeve durumu için ise $R = 9 - 4\,\alpha_S$ bağıntısı ile belirlenecektir.

$H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, yukarıda tanımlanan R katsayılarına göre hesaplanan iç kuvvetler, $[3 / (1 + H_w / \ell_w)]$ katsayısı ile çarpılarak büyültülecektir. Ancak bu katsayı, 2'den büyük alınmayacaktır.

3.2.5.3. Süneklik Düzeyi Normal Bazı Sistemlerde Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar

Perde içermeyen süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemlerin (a) ve (b) paragraflarında tanımlanan süneklik düzeyi normal sistemler, bütün deprem bölgelerinde ve aynı paragraflarda tanımlanan yükseklik sınırlarının üzerinde de yapılabilir. Ancak bu durumda, betonarme binalarda tüm yükseklik boyunca devam eden ve aşağıdaki koşulları sağlayan süneklik düzeyi normal veya yüksek betonarme boşluksuz ya da bağ kirişli (boşluklu) perdelerin, çelik binalarda ise süneklik düzeyi normal veya yüksek merkezi veya dışmerkez çaprazlı perdelerin kullanılması zorunludur.

Taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi normal perdelerin kullanılması durumunda, her bir deprem doğrultusunda, deprem yüklerine göre perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden daha fazla olacaktır.

Taşıyıcı sistemde süneklik düzeyi yüksek perdelerin kullanılması durumunda, aşağıda karma taşıyıcı sistemler için verilen kurallar uygulanacaktır.

3.2.5.4. Süneklik Düzeyi Bakımından Karma Taşıyıcı Sistemlere İlişkinKoşullar

Perde içermeyen süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemlerinin (a) ve (b) paragraflarında tanımlanan süneklik düzeyi normal sistemlerin, süneklik düzeyi yüksek perdelerle birarada kullanılması mümkündür. Bu şekilde oluşturulan süneklik düzeyi bakımından karma sistemler'de, aşağıda belirtilen koşullara uyulmak kaydı ile, süneklik düzeyi yüksek boşluksuz, bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler veya çelik binalar için merkezi veya dışmerkez çaprazlı çelik perdeler kullanılabilir.

(a) Bu tür karma sistemlerin deprem hesabında çerçeveler ve perdeler birarada gözönüne alınacak, ancak her bir deprem doğrultusunda mutlaka $\alpha_S \geq 0.40$ olacaktır.

(b) Her iki deprem doğrultusunda da $\alpha_S \geq 2/3$ olması durumunda, Tablo 2.5'de deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perde tarafından taşındığı durum için verilen R katsayısı ($R = R_{YP}$), taşıyıcı sistemin tümü için kullanılabilir. (c) $0.40 < \alpha_S < 2/3$ aralığında ise, her iki deprem doğrultusunda da taşıyıcı sistemin tümü için $R = R_{NÇ} + 1.5\,\alpha_S\,(R_{YP} - R_{NÇ})$ bağıntısı uygulanacaktır.

Binaların bodrum katlarının çevresinde kullanılan rijit betonarme perde duvarları, Tablo 2.5'te yer alan perdeli veya perdeli-çerçeveli sistemlerin bir parçası olarak gözönüne alınmayacaktır. Bu tür binaların hesabında izlenecek kurallar yönetmeliğin hesap yönteminin seçilmesi bölümünde verilmiştir.

3.2.5.5. Kolonları Üstten Mafsallı Binalara İlişkin Koşullar

Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerden oluşan betonarme binalarda;

(a) Yerinde dökme betonarme kolonların kullanılması durumunda, prefabrike binalar için Tablo 2.5'te (2.2)'de tanımlanan R katsayısı kullanılacaktır.

(b) R katsayıları Tablo 2.5'te (2.2) ve (3.2)'de verilen betonarme prefabrike ve çelik binalara ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir. Bu tür çerçevelerin, yerinde dökme betonarme, prefabrike veya çelik binalarda en üst kat (çatı katı) olarak

kullanılması durumuna ilişkin koşullar ise tanımlanmıştır.

Bu tür tek katlı binaların içinde planda, binanın oturma alanının %25'inden fazla olmamak kaydı ile, kısmi tek bir ara kat yapılabilir. Deprem hesabında ara katın taşıyıcı sistemi, ana taşıyıcı çerçevelerle birlikte gözönüne alınabilir. Bu durumda, ortak sistem betonarme prefabrike binalarda süneklik düzeyi yüksek sistem olarak düzenlenecektir. Ortak sistemde, Tablo 2.1'de tanımlanan burulma düzensizliğinin bulunup bulunmadığı mutlaka kontrol edilecek ve varsa hesapta gözönüne alınacaktır. Ara katın ana taşıyıcı çerçevelere bağlantıları mafsallı veya monolitik olabilir.

Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerin, yerinde dökme betonarme, prefabrike veya çelik binalarda en üst kat (çatı katı) olarak kullanılması durumunda, en üst kat için Tablo 2.5'te (2.2) veya (3.2)'de tanımlanan R katsayısı ($R_{üst}$) ile alttaki katlar için farklı olarak tanımlanabilen R katsayısı (R_{alt}), aşağıdaki koşullara uyulmak kaydı ile, birarada kullanılabilir.

(a) Başlangıçta deprem hesabı, binanın tümü için $R = R_{alt}$ alınarak 2.7 veya 2.8'e göre yapılacaktır. 2.10.1'de tanımlanan azaltılmış ve etkin göreli kat ötelemeleri, binanın tümü için bu hesaptan elde edilecektir.

(b) En üst katın iç kuvvetleri, (a)'da hesaplanan iç kuvvetlerin (R_{alt} / $R_{üst}$) oranı ile çarpımından elde edilecektir.

(c) Alttaki katların iç kuvvetleri ise iki kısmın toplamından oluşacaktır. Birinci kısım, (a)'da hesaplanan iç kuvvetlerdir. İkinci kısım ise, (b)'de en üst kat kolonlarının mesnet reaksiyonları olarak hesaplanan kuvvetlerin ($1 - R_{üst} / R_{alt}$) ile çarpılarak alttaki katların taşıyıcı sistemine etki ettirilmesi ile ayrıca hesaplanacaktır.

3.2.6. Hesap Yönteminin Seçilmesi

3.2.6.1. Hesap Yöntemleri

Binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılacak yöntemler; 3.2.7'de verilen Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, 3.2.8'de verilen Mod Birleştirme Yöntemi ve 3.2.9'da verilen Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri'dir. 3.2.8 ve 3.2.9'da verilen yöntemler, tüm binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında

kullanılabilir.

3.2.6.2. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulama Sınırları

3.2.7'de verilen Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar Tablo 2.6'da özetlenmiştir. Tablo 2.6'nın kapsamına girmeyen binaların deprem hesabında, 3.2.8 veya 3.2.9'da verilen yöntemler kullanılacaktır.

Tablo 2.6. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar.

Deprem Bölgesi	**Bina Türü**	**Toplam Yükseklik Sınırı**
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1,2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3,4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

3.2.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti), V_t, Denk.(2.4) ile belirlenecektir.

$$V_t = \frac{W.A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,10.A_0.I.W \qquad (2.4)$$

Binanın birinci doğal titreşim periyodu T_1, Denk.(2.11) ile hesaplanacaktır. Denk.(2.4)'te yer alan ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlığı, W, Denk.(2.5) ile belirlenecektir.

$$W = \sum_{I=1}^{N} w_i \qquad (2.5)$$

Denk.(2.4)'deki w_i kat ağırlıkları ise Denk.(2.6) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \qquad 2.6)$$

Denk.(2.6)'da yer alan Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n, Tablo 2.7'de verilmiştir. Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için n = 1 alınacak, ancak vinçkaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır. Depremyüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u gözönüne alınacaktır.

Tablo 2.7**.** Hareketli Yük Katılım Sayısı (n).

Binanın Kullanım Amacı	**n**
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0,30

3.2.7.1. Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Denk.(2.4) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak Denk. (2.7) ile ifade edilir .

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^{N} F_i \qquad (2.7)$$

Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N'in değeri Denk.(2.8) ile belirlenecektir.

$$\Delta F_N = 0{,}0075.N.V_t \qquad (2.8)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denk.(2.9) ile dağıtılacaktır.

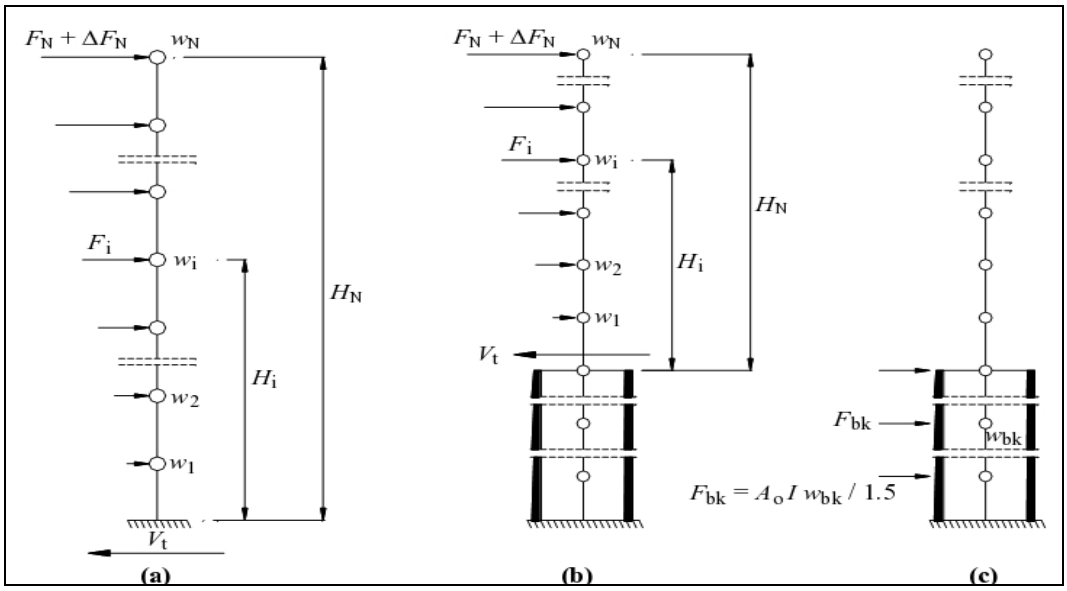
$$F_i = (V_t - \Delta F_N)\frac{w_i . H_i}{\sum_{j=i}^{N} w_j . H_j} \qquad (2.9)$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, bodrum katlarına ve üstteki katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri, aşağıda belirtildiği üzere, ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu yükler, üst ve alt katların birleşiminden oluşan taşıyıcı sisteme birlikte uygulanacaktır.

(a) Üstteki katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün ve eşdeğer kat deprem yüklerinin yukarıdaki denkelmlere göre belirlenmesinde, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın Tablo 2.5'ten seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların ağırlıkları hesaba katılacaktır. Bu durumda ilgili bütün tanım ve bağıntılarda temel üst kotu yerine zemin katın kotu gözönüne alınacaktır. Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında da, fiktif yüklerin belirlenmesi için sadece üstteki katların ağırlıkları kullanılacaktır (Şekil 2.6).

(b) Rijit bodrum katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabında, sadece bodrum kat ağırlıkları gözönüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak S(T)=1 alınacaktır. Her bir bodrum katına etkiyen eşdeğer deprem yükünün hesabında, Denk.(2.1)'den bulunan spektral ivme değeri ile bu katın ağırlığı doğrudan çarpılacak ve elde edilen elastik yükler, $R_a(T)=1.5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır (Şekil 2.6).

(c) Üstteki katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleri ile çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin kendi düzlemi içindeki dayanımı, bu hesapta elde edilen iç kuvvetlere göre kontrol edilecektir.



Şekil 3.6**.** Eşdeğer deprem kuvveti uygulama durumları.

3.2.7.2.Gözönüne Alınacak Yerdeğiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

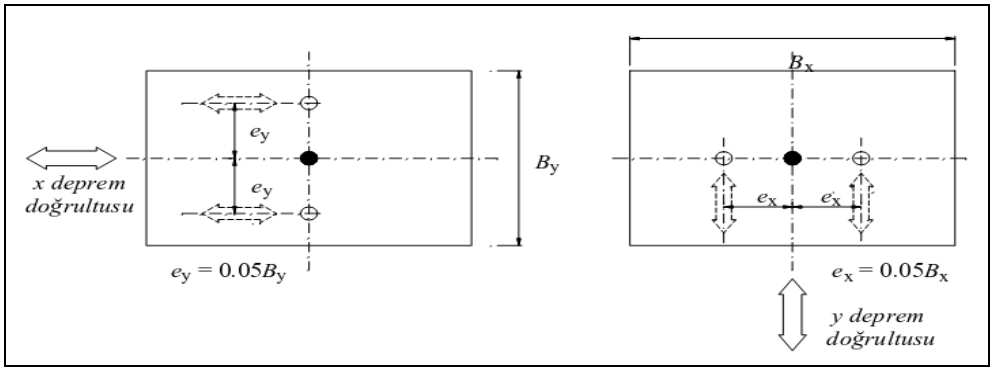
Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır. Her kat için belirlenen eşdeğer deprem yükleri, ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve −%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 3.7).

Tablo 3.1'de tanımlanan A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekildeğiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni hesapta gözönüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve −%5'i kadar kaydırılacaktır (Şekil 3.8).

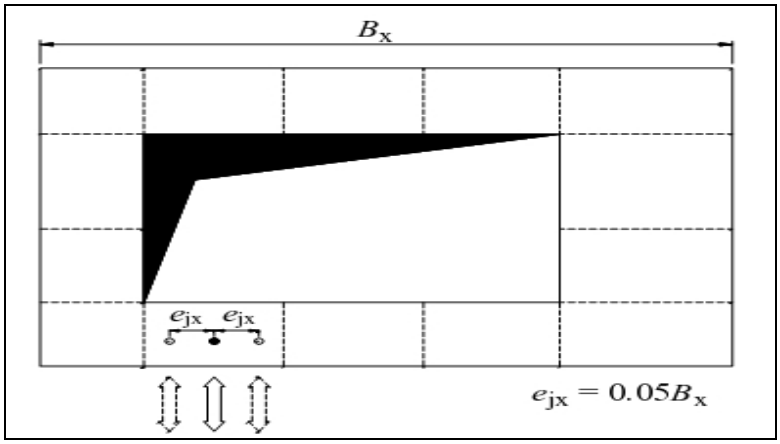
Binanın herhangi bir i'inci katında Tablo 3.1'de tanımlanan A1 türü

düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, bu katta uygulanan ±%5 ek dışmerkezlik, her iki deprem doğrultusu için Denk.(2.10)'da verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{n_{bi}}{1.2} \right)^2 \tag{2.10}$$



Şekil 3.7**.** Deprem doğrultsuna dik ağırlık merkezi dışmerkezlik hesabı.



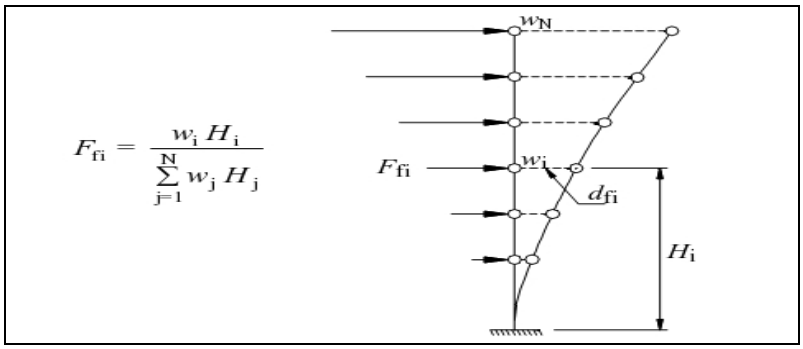
Şekil 3.8. A2 Türü Düzensizliğin Bulunduğu döşemelerde ekdışmerkezlik hesabı.

3.2.7.3. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu, Denk.(2.11) ile hesaplanan değerden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2p\left(\frac{\sum_{i=1}^{N} m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^{N} F_{fi} d_{fi}}\right)^{1/2} \qquad (2.11)$$

i'inci kata etkiyen fiktif yükü gösteren F_{fi}, Denk.(2.9)'da $(V_t - \Delta F_N)$ yerine herhangi bir değer (örneğin birim değer) konularak elde edilecektir (Şekil 2.9). Denk.(2.11) ile hesaplanan değerden bağımsız olarak, bodrum kat(lar) hariç kat sayısı N > 13 olan binalarda doğal periyod, 0.1N'den daha büyük alınmayacaktır.



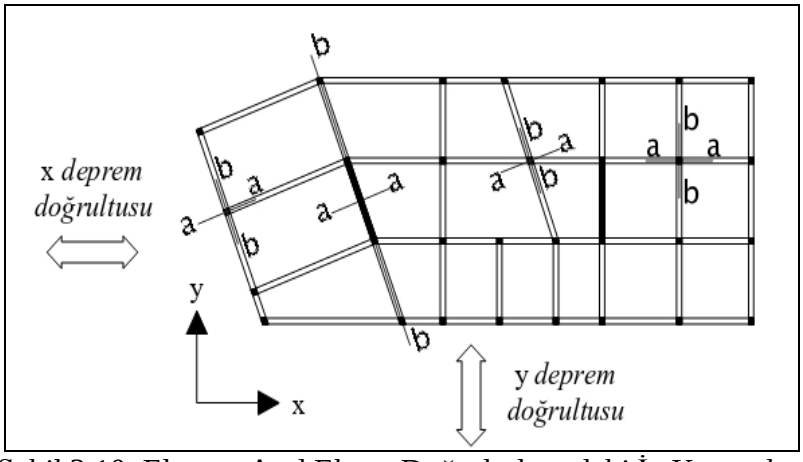
Şekil 3.9. F_{fi} Fiktif Yük hesabı.

3.2.7.4. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde Denk.(2.12) ile elde edilecektir (Şekil 3.10).

$B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30\, B_{ay}$ veya $B_a = \pm B_{ax} \pm 0.30\, B_{ay}$ (2.12)

$B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30\, B_{by}$ veya $B_b = \pm B_{bx} \pm 0.30\, B_{by}$



Şekil 3.10. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler.

3.2.8. Mod Birleştirme Yöntemi

Bu yöntemde maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilir.

3.2.8.1. İvme Spektrumu

Herhangi bir n'inci titreşim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı Denk.(2.13) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \tag{2.13}$$

Elastik tasarım ivme spektrumunun özel olarak belirlenmesi durumunda, Denk.(2.13)'te S_{ae} (T_n) yerine, ilgili özel spektrum ordinatı gözönüne alınacaktır.

3.2.8.2. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden

geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve −%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 2.7).

Tablo 2.1'de A2 başlığı altında tanımlanan döşeme süreksizliğinin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin kendi düzlemleri içindeki şekil değiştirmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte dinamik serbestlik derecesi gözönüne alınacaktır. Ek dışmerkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi için, her katta çeşitli noktalarda dağılı bulunan tekil kütlelere etkiyen modal deprem yüklerinin her biri, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve −%5'i kadar kaydırılacaktır (Şekil 2.8). Bu tür binalarda, sadece ek dışmerkezlik etkilerinden oluşan iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre de hesaplanabilir. Bu büyüklükler, ek dışmerkezlik etkisi gözönüne alınmaksızın her bir titreşim modu için hesaplanarak 2.8.4'e göre birleştirilen büyüklüklere doğrudan eklenecektir.

3.2.8.3. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, gözönüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütle'lerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir:

$$\sum_{n=1}^{Y} M_{xn} = \sum_{n=1}^{Y} \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i \qquad (2.14)$$

$$\sum_{n=1}^{Y} M_{yn} = \sum_{n=1}^{Y} \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i$$

Denk.(2.14)'te yer alan L_{xn} ve L_{yn} ile modal kütle M_n'nin ifadeleri, kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için aşağıda verilmiştir:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^{N} m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^{N} m_i \Phi_{yin} \tag{2.15}$$

$$M_n = \sum_{i=1}^{N} (m_i \Phi^2_{xin} + m_i \Phi^2_{yin} + m_{qi} \Phi^2_{qin})$$

Bodrum katlarında rijitliği üst katlara oranla çok büyük olan betonarme çevre perdelerinin bulunduğu ve bodrum kat döşemelerinin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binaların hesabında, sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının gözönüne alınması ile yetinilebilir. Bu durumda, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi için verilen 2.7.2.4'ün (a) paragrafının karşılığı olarak Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılacak hesapta, bodrumdaki rijit çevre perdeleri gözönüne alınmaksızın Tablo 2.5'ten seçilen R katsayısı kullanılacak ve sadece üstteki katların kütleleri gözönüne alınacaktır. 2.7.2.4'ün (b) ve (c) paragrafları ise aynen uygulanacaktır.

3.2.8.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Binaya etkiyen toplam deprem yükü, kat kesme kuvveti, iç kuvvet bileşenleri, yerdeğiştirme ve göreli kat ötelemesi gibi büyüklüklerin her biri için ayrı ayrı uygulanmak üzere, her titreşim modu için hesaplanan ve eşzamanlı olmayan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir:

$T_m < T_n$ olmak üzere, gözönüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0.80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı

uygulanacaktır. Bu kuralın uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayıları'nın hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

3.2.8.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, 2.8.4'e göre birleştirilerek elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB}'nin, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nde Denk.2.4'ten hesaplanan bina toplam deprem yükü V_t'ye oranının aşağıda tanımlanan β değerinden küçük olması durumunda ($V_{tB} < \beta V_t$), Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denk.(2.16)'ya göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{b.V_t}{V_{tB}} B_B \qquad (2.16)$$

Tablo 2.1'de tanımlanan A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda Denk.(2.16)'da $\beta = 0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta = 0.80$ alınacaktır.

3.2.8.6. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularında birleştirilerek elde edilen iç kuvvetler için 3.2.7.5'te verilen birleştirme kuralı ayrıca uygulanacaktır (Şekil 2.10).

3.2.9. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri

Bina ve bina türü yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir.

3.2.9.1. Yapay Deprem Yer Hareketleri

Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

(a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

(b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması $A_o g$'den daha küçük olmayacaktır.

(c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılması durumunda, azaltılmış deprem yer hareketinin elde edilmesi için esas alınacak spektral ivme değerleri Denk.(2.13) ile hesaplanacaktır.

3.2.9.2. Kaydedilmiş veya Benzeştirilmiş Deprem Yer Hareketleri

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar 3.2.9.1'de verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

3.2.9.3. Zaman Tanım Alanında Hesap

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet şekil değiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile, ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır.

3.2.10. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması, İkinci Mertebe Etkileri Ve Deprem Derzleri

3.2.10.1. Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i, Denk.(2.17) ile elde edilecektir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \tag{2.17}$$

Denk.(2.17)'de d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i'inci ve (i-1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Ancak 3.2.7.4'deki koşul ve ayrıca Denk.(2.4)'te tanımlanan minimum eşdeğer deprem yükü koşulu d_i'nin ve Δ_i'nin hesabında gözönüne alınmayabilir.

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, δ_i , Denk.(2.18) ile elde edilecektir.

$$d_i = R.\Delta_i \tag{2.18}$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon

veya perdelerde, Denk.(2.18) ile hesaplanan δ_i etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\delta_i)_{max}$, Denk.(2.19)'da verilen koşulu sağlayacaktır:

$$\frac{(d_i)_{\max}}{h_i} \le 0.02 \tag{2.19}$$

Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çelik çerçevelerle taşındığı tek katlı binalarda bu sınır en çok %50 arttırılabilir.

Denk.(2.19)'de verilen koşulun binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb) etkin göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanacaktır.

3.2.10.2. İkinci Mertebe Etkileri

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri yaklaşık olarak aşağıdaki Şekilde gözönüne alınabilir:

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri, θ_i'nin Denk.(2.20) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

$$q_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^{N} w_j}{V_i . h_i} \tag{2.20}$$

Burada $(\Delta_i)_{ort}$, i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan azaltılmış göreli kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeri olarak 3.2.10.1'e göre bulunacaktır. Denk.(2.20)'deki koşulun herhangi bir katta sağlanamaması

durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

3.2.10.3. Deprem Derzleri

Farklı zemin oturmalarına bağlı temel öteleme ve dönmeleri ile sıcaklık değişmelerinin etkisi dışında, bina blokları veya mevcut eski binalarla yeni yapılacak binalar arasında, sadece deprem etkisi için bırakılacak derz boşluklarına ilişkin koşullar aşağıda belirtilmiştir:

3.2.10.1 - 3.2.10.2'ye göre daha elverişsiz bir sonuç elde edilmedikçe derz boşlukları, her bir kat için komşu blok veya binalarda elde edilen yerdeğiştirmelerin karelerinin toplamının karekökü ile aşağıda tanımlanan α katsayısının çarpımı sonucunda bulunan değerden az olmayacaktır. Gözönüne alınacak kat yerdeğiştirmeleri, kolon veya perdelerin bağlandığı düğüm noktalarında hesaplanan azaltılmış d_i yerdeğiştirmelerinin kat içindeki ortalamaları olacaktır. Mevcut eski bina için hesap yapılmasının mümkün olmaması durumunda eski binanın yerdeğiştirmeleri, yeni bina için aynı katlarda hesaplanan değerlerden daha küçük alınmayacaktır.

(a) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin bütün katlarda aynı seviyede olmaları durumunda $\alpha = R / 4$ alınacaktır.

(b) Komşu binaların veya bina bloklarının kat döşemelerinin, bazı katlarda olsa bile, farklı seviyelerde olmaları durumunda, tüm bina için $\alpha = R / 2$ alınacaktır. ve bu değere eklenecektir. 2.10.3.2 - Bırakılacak minimum derz boşluğu, 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm 6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 10 mm eklenecektir.Bina blokları arasındaki derzler, depremde blokların bütün doğrultularda birbirlerinden bağımsız olarak çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenecektir.

4. YAPI ANALİZİ VE DÜZENSİZLİK KONTROLLERİ

Bu yöntemde yapının deprem sırasındaki maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan en büyük değerlerinin istatiksel olarak birleştirilmesi uygulanmaktadır. Yöntem tamamen elastik davranışı dikkate almaktadır.

4.1. Analiz Yöntemleri Adımları

4.1.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Adımları

Adım 1: Döşemeler rijit diyafram olarak kabul edilmiş ise master noktası kütle merkezinde seçilir.

Adım 2: Katlara etkiyen fiktif yükler hesaplanır. Denklem(2.9)

Adım 3: Bulunan fiktif yükler, seçilen deprem doğrultusunda, yapının kat kütle merkezlerine yerleştirilerek statik analiz yapılır ve kuvvet doğrultusundaki deplasmanlar d_{fi} bulunur.

Adım 4: Binanın birinci doğal titreşim periyodu hesaplanır. Denklem (2.8)

Adım 5: Toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) hesaplanır. Denklem (2.1)

Adım 6: Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri hesaplanır. Denklem (2.6) ve Denklem (2.5)

Adım 7: Eşdeğer deprem yükleri, yapıya her iki deprem doğrultusunda $\pm\,\%5$ eksantrisite ile uygulanarak statik analiz yapılır ve kat deplasmanları ile iç kuvvetler bulunur.

Adım 8: A1 burulma düzensizliği ve B2 yumuşak kat kontrolleri yapılır.

Yapılan kontrollerde 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde $\eta_{ki} \geq 1{,}5$ ise dinamik analiz yapılması zorunludur. $\eta_{bi} \geq 2$ ise dinamik analiz yapılması zorunludur. $1.2 \leq \eta_{bi} \leq 2$ ise eksantrisite değerleri her iki doğrultu için D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülmeli ve 7. adımdan itibaren işlemler tekrarlanmalıdır.

Adım 9: Göreli kat ötelemeleri ve ikinci mertebe etkilerinin kontrolleri yapılır. Denklem (2.8) , Denklem (2.9) ve Denklem (2.10)

4.1.2. Mod Birleştirme Yöntemi Uygulama Adımları

Adım 1: Yapıda bodrum kat olup olmadığı incelenir. Eğer bodrum kat bulunuyorsa, bu katta üst katlara oranla rijitliği çok fazla olan betonarme çevre perdelerinin bulunup bulunmadığı incelenir. Şayet bodrum kat veya katlarda rijitliği artırıcı çevre betonarme perdeler bulunuyorsa ve döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilirse; DBYBHY-2007, 2.8.3.2 bölümüne göre mod birleştirme yöntemi uygulanırken sadece bodrum katların üstündeki katlarda etkin olan titreşim modlarının göz önüne alınması ile yetinilebilir. Mod Birleştirme Yöntemi uygulanırken Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi için verilen DBYBHY-2007, 2.7.2.4'ün (a) paragrafına karşılık olarak üst yapıya göre çok fazla rijit sayılan Bodrum kat göz önüne alınmadan zemin kat ve üstü katlar için yapının ağırlığı hesaplanacak ve hesaplarda bu değerler kullanılacaktır.

Rijit bodrum katların hesabı uygulanırken DBYBHY-2007, 2.7.2.4'ün (b) ve (c) paragraflarındaki hususlara göre sadece kendi ağırlıkları gözönüne alınacak ve Spektrum Katsayısı olarak S(T)=1 alınacaktır. Deprem yükleri hesaplanırken Azaltma Katsayısı olarak $R_a(T)=1.5$ katsayısı kullanılacaktır. Hesaplanan deprem yükleri $R_a(T)=1.5$ katsayısına bölünerek azaltılacaktır.

Adım 2: Deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam yapı ağırlığı DBYBHY-2007, 2.7.1.2'ye göre hesaplanır. Mod Birleştirme Yöntemi uygulanırken rijit diyafram çalıştığı kabul edilen her kat için birbirine dik iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestilk derecesi kullanılır.Bu şekilde hesaplanan her bir deprem yönüne ait kat deprem kuvvetleri her bir katta yapının deprem doğrultusuna dik boyunun ±%5'i kadar (DBYBHY-2007, 2.8.2.1) kaydırılması ile belirlenen noktalarla ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanır.

Adım 3: Hesaplarda kullanılacak mod sayısı belirlemek için aşağıdaki denklemle döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilen yapılar için

modal kütleler hesaplanır.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^{N} m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^{N} m_i \Phi_{yin} \tag{2.15}$$

$$M_n = \sum_{i=1}^{N} (m_i \Phi^2_{xin} + m_i \Phi^2_{yin} + m_{qi} \Phi^2_{qin})$$

Adım 4: Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir(DBYBHY-2007, 2.8.3.1).

$$\sum_{n=1}^{Y} M_{xn} = \sum_{n=1}^{Y} \frac{L^2_{xn}}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i \tag{2.14}$$

$$\sum_{n=1}^{Y} M_{yn} = \sum_{n=1}^{Y} \frac{L^2_{yn}}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i$$

Adım 5: Yerel zemin sınıfına ve yapının bulunan her bir doğal periyoduna bağlı olarak Denk. 2.2.' ye göre Spektrum Katsayısı S(T) hesaplanır.

Binanın her bir modu için hesaplanan Spektrum Katsayıları kullanılarak, Denk.2.1'e göre Spektral İvme Katsayıları A(T) hesaplanır. Spektral ivme katsayısının yer çekimi ivmesi g (9.81 m/s^2) ile çarpılmasından Elastik Spektral İvme Katsayısı $S_{ae}(T)$ bulunur.

Taşıyıcı sistem Davranış Katsayısı'na (R) ve binanın her bir doğal periyoduna bağlı olarak Denk.2.3'e göre Deprem Yükü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ hesaplanır.

Bulunan yukarıdaki katsayılar kullanılarak n'inci titreşim periyodunda kullanılmak üzere Elastik Tasarım İvme Spektrumu Denk.2.13'e göre bulunur.

$$S_{ar}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \tag{2.13}$$

$A(T_n)$= n'inci doğal titreşim modu için spektral ivme katsayısı.

$R_a(T_r)$= n'inci doğal titreşim modu için deprem yükü azaltma katsayısı.

g= Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2).

Adım 6: Yapının spektrum analizi yapılarak deplasmanlar ve iç kuvvetler bileşenlerine göre her modan gelen maksimum katkılar dikkate alınarak hesaplanır.

Adım 7: 6.adımda spektrum analizi ile hesaplanan değerler Denk.2.8.4.'de belirtilen yöntemlerden uygun bir birleştirme yöntemi ile, Karelerinin Toplamının Kare Kökü Kuralı (SRSS) veya Tam Karesel Birleştirme Kuralı (CQC) ile yapı deplasmanları ve elaman uç kuvvetleri bulunur.Sta4-Cad programı ise modlarden gelen katkıları Tam Karesel Birleştirme Kuralına (CQC) göre hesaplamaktadır.

Adım 8: Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri DBYBHY-2007, 2.8.5'deki alt sınır değerlere göre kontrol edilir. Bunun için Mod Birleştirme Yöntemi ile hesaplanan bina toplam deprem yükü (V_{tB}) ile Eşdeğer Deprem Yöntemi ile hesaplanan toplam deprem yükü karşılaştırılır. Aşağıda belirtilen β değerine göre $V_{tB} < \beta V_t$ olması durumunda Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri Denk.2.16'a göre büyütülecektir.

$$B_D = (bV_t / V_{tB})B_B \tag{2.16}$$

B_D: Büyütülmüş yer değiştirme veya iç kuvveti,

B_B: Mod birleştirme yönteminde bulunan herhangi bir yer değiştirme veya iç kuvveti göstermektedir.

DBYBHY-2007, 2.7.2.4 bölümünün (b) ve (c) paragraflarına göre Rijit

bodrum katların deprem kuvveti hesabında sadece bodrum kat ağırlıkları dikkate alınacaktır.Üst katlardan bodrum katlarına geçişte yer alan ve çok rijit bodrum perdeleriyle çevrelenen zemin kat döşeme sisteminin hesabında bodrum katta hesaplanan iç kuvvetler ve yer değiştirmeler kullanılacaktır.

Adım 9: Yapı boyunca devam eden perde bulunuyorsa, DBYBHY-2007, 2.5.2.1'e göre boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden dolayı oluşan kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin % 75'inden fazla olmayacaktır(α_s<0.75). α_s<0.75 ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R=7 olarak kullanılabilir. Eğer hesaplar sonucunda α_s katsayısı (0.75< α_s< 1.0) 0.75 ile 1.0 ise Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R=10-4x α_s denklemi ile belirlenir ve yeni bir R katsayısı ile Elastik Tasarım İvme Spektrumu $S_{ar}(T_n)$ hesaplanarak işlemler yenilenir.

Adım 10: DBYBHY-2007, Tablo2.1'de belirtilen planda ve düşey doğrultudaki düzensizlik durumlarına karşı kontroller yapılır.A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerin en az birinin yapıda bulunması durumunda β=0.90, bulunmaması durumunda ise β=0.80 alınacaktır. 8. adımdan sonra işlemler tekrar edilecektir.

Adım 11: Göreli kat ötemelerinin ve ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılır.

4.2. Örnekler

Bu bölümdeki tüm örneklerde DBYBHY-2007'de belirtilen Mod Birleştirme Yöntemi esas alınarak analiz yapılmıştır. Örnekler Sta4-Cad V13.0 ile Sap2000 V.14.0 programları ile çözülmüştür.

Örneklerdeki kat ağırlıkları hesaplanırken Sta4-Cad programında elde edilen yapı ağırlığı referans alınmıştır. Kat ağırlıkları Sap2000 programına dışarıdan direkt uygulanabildiği için Sta4-Cad programıyla hesaplanan kat ağırlıkları kullanılmıştır. Bu şekilde her iki program arasında aynı değerler üzerinden karşılaştırma yapılmasına imkan verilmiştir.

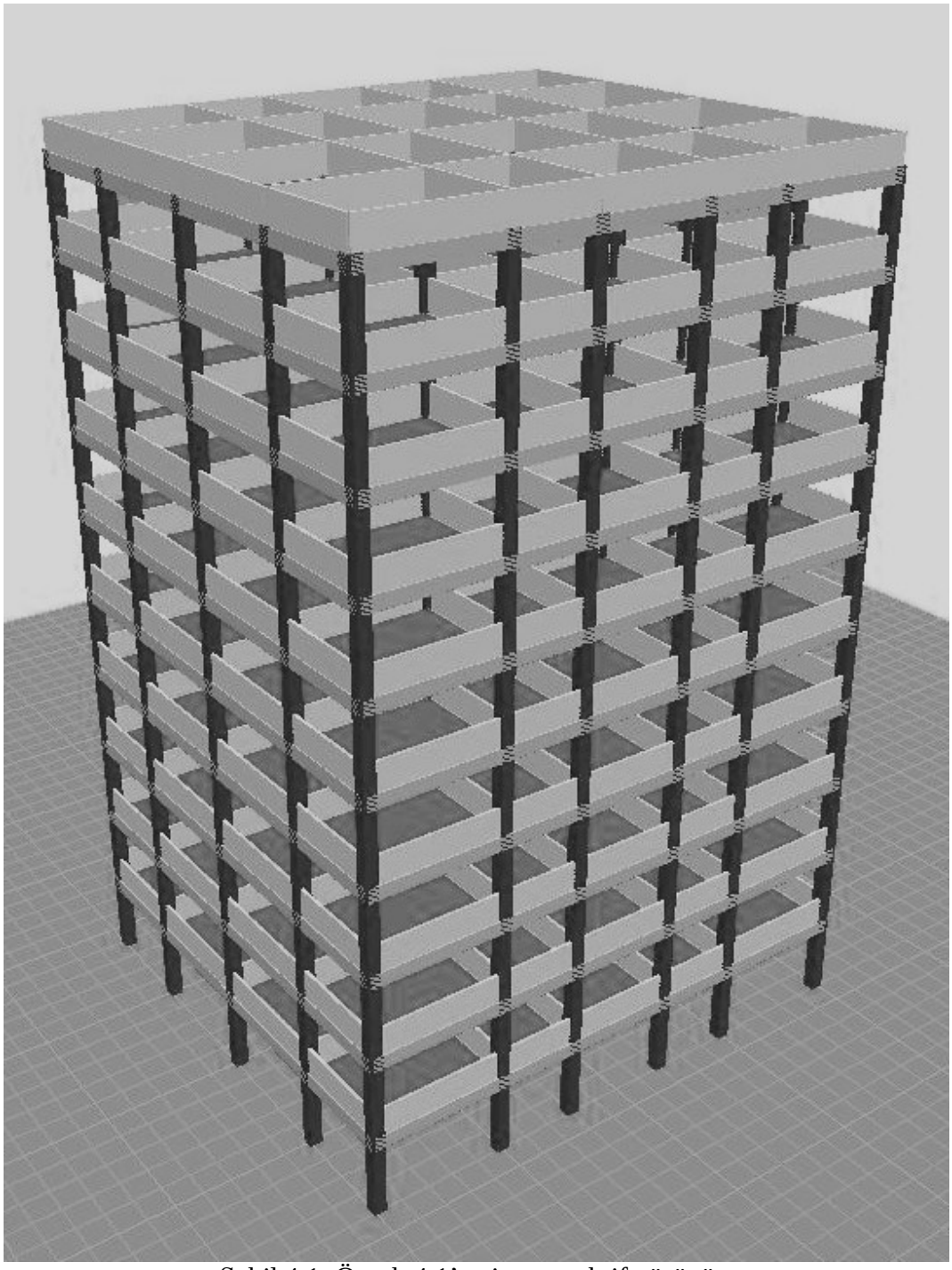
Sap2000 ile Sta4-Cad karşılaştırmasında bir diğer unsur ise kiriş kesitleridir. Sta4-Cad programında opsiyonel olarak dikdörtgen kesitli kiriş seçme

opsiyonu bulunmaktadır. Sap2000 programı ile karşılaştırma yapılırken dikdörtgen kesitli kiriş kullanılmıştır.

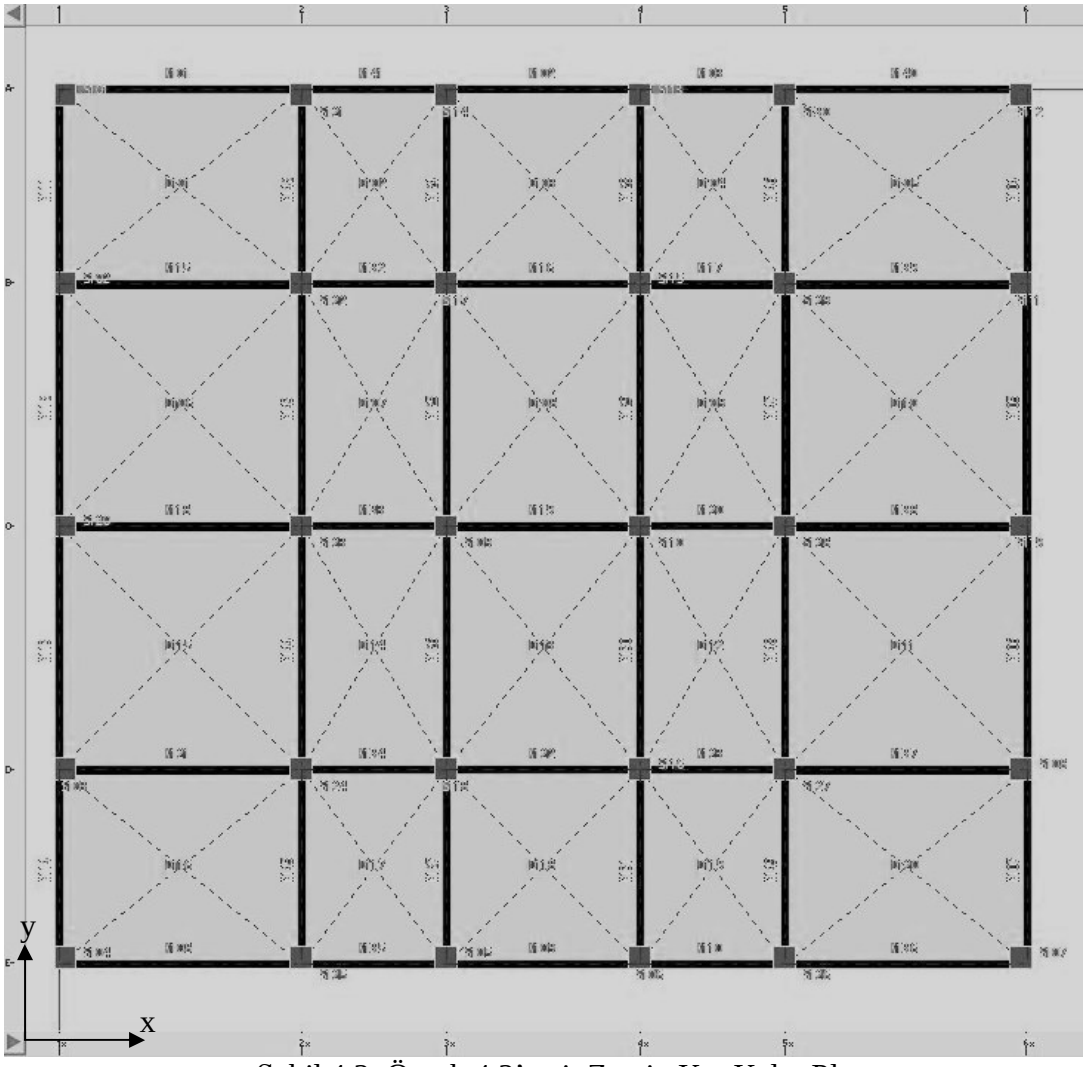
Örneklerin her iki program çözümlerinde 1. kat kolonların zemine ankastre olarak bağlandığı kabul edilmiştir. Ayrıca Sta4-Cad programında opsiyonel olarak verilen kolon- kiriş rijitlik bölgesi tam rijit seçilmiştir.Aynı rijitliği Sap2000 programında sağlayabilmek için otomatik rijitlik bölgesi seçilmiş olup rijitlik faktörü 1 kabul edilmiştir.

4.2.1. Örnek 4.1.

Bu örnekte; 10 katlı, düşey taşıyıcı sistemi sadece kolonlardan oluşan, basit ve düzenli bir taşıyıcı sisteme sahip, betonarme bir yapı çözülmüştür. Bu şekilde yapının simetrik bir betonarme çerçeveye sahip olması dolasıyla programlar arasında karşılaştırma yapılırken uygun bir örnek olacağı düşünülmüştür. Bu örneğe ait perspektif görünüş Şekil 4.1.'de, zemin kat kalıp planı Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1**.** Örnek 4.1'e ait perspektif görünüş.



Şekil 4.2**.** Örnek 4.2'e ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.2.1.1. Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 10 Normal Kat
Bina Türü	: Konut
Taşyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeveli sistem
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 8
Deprem Bölgesi	: 2.Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Analiz Tipi	: Dinamik analiz
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25-BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 20 t/m^2
Zemin Yatak Katsayısı	: 3000 t/ m^3
Kat Yüksekliği	: 3 m

Sta4-Cad programında kat ağırlığında hesaplanmak üzere döşemelerin 13 cm kalınlıkta plak döşeme olarak modellenmiştir. Döşeme sabit yükü 0,473 t/m^2, hareketli yük olarak 0,200 t/m^2 olarak alınmıştır. Kirişlerin kat ağırlığında 0,58 t/m değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.1**.** Örnek 4.1.'in Kolon Boyutları

KAT NO	**KOLON NO**	**BOYUT(X-Y) (cm)**
1	Tum Kolonlar (S101-S130)	45*45
2	Tum Kolonlar (S201-S230)	45*45
3	Tum Kolonlar (S301-S330)	45*45
4	Tum Kolonlar (S401-S430)	45*45
5	Tum Kolonlar (S501-S530)	45*45
6	Tum Kolonlar (S601-S630)	45*45
7	Tum Kolonlar (S701-S730)	45*45
8	Tum Kolonlar (S801-S830)	45*45
9	Tum Kolonlar (S901-S930)	45*45
10	Tum Kolonlar (S1001-S1030)	45*45

Tüm katlardaki kiriş kesitleri 25x50 cmxcm olup Sta4-Cad programında tablasız kiriş opsiyonu seçilmiştir.

4.2.1.2. Kat Ağırlıkları Hesabı

Örnek 4.1 için kat ağırlığı hesabında Denk.(2.6)'ya göre hesaplanacaktır. Hareketli Yük Katılım Katsayısı Tablo(2.7)'ye göre 0,3 seçilmiştir. Örneklerde kullanılmak üzere Sta4-Cad programında elde edilen kat ağırlıkları Sap2000 programında da kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.2.'de Sta4-Cad programında bulunan kat ağırlıkları aşağıda verilmiştir.

$$w_i = g_i + nq_i \qquad (2.6)$$

Çizelge 4.2**.** Örnek 4.1.'e ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları

Kat No	**H(m)**	**W_g (ton)**	**W_q(ton)**	**W_k(ton)**
10	30	313,08	72	334,677
9	27	313,08	72	334,677
8	24	313,08	72	334,677
7	21	313,08	72	334,677
6	18	313,08	72	334,677
5	15	313,08	72	334,677
4	12	313,08	72	334,677
3	9	313,08	72	334,677
2	6	313,08	72	334,677
1	3	313,08	72	334,677
			ΣW_k	3346,77

4.2.1.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı

Her iki programda karşılaştırma yapılması için Sta4Cad'de hesaplanan yapı burulma kütle atalet momentleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Örnek 4.1.'e Ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı

Kat No	**A(m^2)**	**I_x(m^4)**	**I_y(m^4)**	**$m_i(w_i/g)$**	**θ $(I_x+I_y)/A$**	**m_i θ**
10	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
9	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
8	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
7	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
6	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
5	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
4	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
3	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
2	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326
1	360	9720	12000	34,116	60,33	2058,326

DBYBHY-2007'e göre Sta4-Cad programında ise birbirine dik her iki deprem doğrultusu için kat kütle eylemsizlik momenti her katın ağırlık merkezine

uygulanmıştır. Bu şekilde X ve Y deprem yönleri için sadece bir kere analiz yapılmıştır. Sap2000 ve Sta4-Cad programlarında kullanılacak mod sayısı opsiyonel olarak ayarlanabilmektedir. Bu tezde Sap2000 için 30 mod Sta4-Cad için 9 mod kullanılmıştır. Her iki programa ait titreşim modları ve bu modlara ait periyotlar ile etkin kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 4.4.Örnek 4.1.'e Ait Yapının Sap2000 Programı İle Elde Edilen Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları

SAP2000 V.14					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	y	1,0871	0,0000	0,8129	0,3369
2	x	1,0092	0,8179	0,0000	0,2745
3	b	0,8661	0,0000	0,0000	0,2054
4	y	0,3522	0,0000	0,1041	0,0431
5	x	0,3285	0,1024	0,0000	0,0344
6	b	0,2826	0,0000	0,0000	0,0244
7	y	0,1990	0,0000	0,0362	0,0150
8	x	0,1873	0,0355	0,0000	0,0119
9	b	0,1624	0,0000	0,0000	0,0089
10	y	0,1346	0,0000	0,0190	0,0079
11	x	0,1278	0,0183	0,0000	0,0061
12	b	0,1106	0,0000	0,0000	0,0046
13	y	0,0985	0,0000	0,0115	0,0048
14	x	0,0945	0,0108	0,0000	0,0036
15	b	0,0815	0,0000	0,0000	0,0028
16	y	0,0759	0,0000	0,0073	0,0030
17	x	0,0736	0,0068	0,0000	0,0023
18	b	0,0632	0,0000	0,0000	0,0018
19	y	0,0609	0,0000	0,0046	0,0019
20	x	0,0596	0,0043	0,0000	0,0014
21	b	0,0509	0,0000	0,0000	0,0011
22	y	0,0508	0,0000	0,0027	0,0011
23	x	0,0502	0,0025	0,0000	0,0008
24	y	0,0442	0,0000	0,0013	0,0005
25	x	0,0440	0,0011	0,0000	0,0004
26	b	0,0427	0,0000	0,0000	0,0006
27	y	0,0405	0,0000	0,0003	0,0001
28	x	0,0405	0,0003	0,0000	0,0001
29	b	0,0373	0,0000	0,0000	0,0003
30	b	0,0342	0,0000	0,0000	0,0001
			100,00%	100,00%	100,00%

Çizelge 4.5.Örnek 4.1.'e Ait Yapının Sta4-Cad Programı İle Elde Edilen Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları

STA4CAD V.13					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	y	1,1153	0,0000	0,8057	0,0000
2	x	1,0325	0,8106	0,0000	0,0000
3	b	0,8769	0,0000	0,0000	0,8146
4	y	0,3600	0,0000	0,1049	0,0000
5	x	0,3352	0,1027	0,0000	0,0000
6	b	0,2856	0,0000	0,0000	0,0982
7	y	0,2028	0,0000	0,0371	0,0000
8	x	0,1908	0,0365	0,0000	0,0000
9	b	0,1639	0,0000	0,0000	0,0364
			94,98%	94,78%	94,93%

Yukarıdaki Çizelge 4.4. ve 4.5.'deki periyotlar incelendiğinde elde edilen periyotların birbirine yakın oldukları görülmüştür. Sap2000 programı her bir mod için etkin kütle oranlarını hesaplarken o moda etki eden X, Y ve burulma bileşenlerinden gelen katkılarıda hesaplamaktadır. Sta4-Cad programı ise ilgili modu hesaplarken o mod için hangi yön ağırlıklı ise sadece o yöndeki etkin kütle oranını hesaplamaktadır. O moda ait diğer yönlerden gelen katkı göz önüne alınmamaktadır. Bu şekilde DBYBHY-2007'de belirtilen etkin kütle toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'nın daha az olmaması kuralına göre daha fazla mod katkısı sağlandığı görülmüştür.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiştir. Tablo(2.5)'te belirtilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar için 8 alınmıştır.

Yerel zemin sınıfı Z2 alındığından DBYBHY-2007, Tablo2.4'e göre Spektrum Karakteristik periyotları T_A=0.15 s – T_B=0.40 s alınmıştır.

DBYBHY-2007, 2.8.2.1 bölümünde belirtilen etkin kütle toplamının bina toplam kütlesinin %90'ından az olmaması kuralına göre Sap2000 ve Sta4-Cad programlarında elde edilen periyotlara göre spektrum katsayıları hesaplanmasında ilk 6 mod dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.6. Örnek 4.1.'e Ait Spektrum Katsayıları Tespiti

Mod	Periyot (T)		S(T)	
	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad
1	1,0871	1,1153	1,123	1,101
2	1,0092	1,0325	1,192	1,171
3	0,8661	0,8769	1,348	1,334
4	0,3522	0,3600	2,500	2,500
5	0,3285	0,3352	2,500	2,500
6	0,2826	0,2856	2,500	2,500

Hesaplanan spektrum katsayıları ve bina genel bilgilerinde belirtilen bilgiler ışığında Çizelge 4.7.'de Örnek 4.1'e ait azaltılmış ivme spektrum ordinatı aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Örnek 4.1.'e Ait Spektral İvme Değerleri Ve Azaltılmış İvme Spektrumu

Mod	A (T)		R(T)		Spa(T)	
	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad
1	0,337	0,330	8	8	0,413	0,405
2	0,358	0,351	8	8	0,439	0,431
3	0,404	0,400	8	8	0,496	0,491
4	0,750	0,750	8	8	0,920	0,920
5	0,750	0,750	8	8	0,920	0,920
6	0,750	0,750	8	8	0,920	0,920

Azaltılmış ivme spektrum katsayıları elde edildikten sonra toplam eşdeğer deprem yükü hesaplanıp deprem kuvvetleri bulunmuştur. Her iki programda modlardan gelen katkıları birleştirirken Tam Karasel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmaktadır.

4.2.1.4. X Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Sta4-Cad ve SAP2000 programında her iki deprem yönü için sadece bir kere kat kütle merkezine göre yapı periyotları hesaplandığı için X ve Y deprem yönleri için aynı spektrum katsayıları S(T) kullanılmıştır.

Seçilen yapı örneğinin simetrik betonarme çerçeve sistemden oluştuğu dikkate alındığında X yönünü deprem kuvveti hesabında ağırlık merkezinin yapının Y yönü boyunca + ve - %5 kaydırılması ile hesaplanan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri için aynı sonuçlar elde edilecektir.Bu yüzden sadece ağırlık merkezinin ek dışmerkezlik olarak +%5 Y yönü boyunca kaydırılması ile oluşan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

Çizelge 4.8. Örnek 4.1.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti.

Kat	**X Yönü Deprem kuvveti (t)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**
10	36,39	35,73
9	22,65	22,24
8	20,13	19,77
7	17,62	17,30
6	15,10	14,83
5	12,58	12,37
4	10,07	9,89
3	7,55	7,41
2	5,03	4,94
1	2,52	2,47

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılması gerekmektedir. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup; X ve Y doğrultusundaki maksimum doğal titreşim periyotlarına ($T_{1x,}$ T_{1y}) göre Spektrum Katsayılarını hesaplayıp deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.9.Sap2000 Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
10	0,0129	0,0107	0,00060	0,00040	0,00050	1,200	-
9	0,0123	0,0103	0,00080	0,00070	0,00075	1,067	1,500
8	0,0115	0,0096	0,00100	0,00090	0,00095	1,053	1,267
7	0,0105	0,0087	0,00120	0,00100	0,00110	1,091	1,158
6	0,0093	0,0077	0,00140	0,00120	0,00130	1,077	1,182
5	0,0079	0,0065	0,00150	0,00120	0,00135	1,111	1,038
4	0,0064	0,0053	0,00160	0,00130	0,00145	1,103	1,074
3	0,0048	0,004	0,00170	0,00140	0,00155	1,097	1,069
2	0,0031	0,0026	0,00160	0,00140	0,00150	1,067	0,968
1	0,0015	0,0012	0,00150	0,00120	0,00135	1,111	0,900

Çizelge 4.10.Sap2000 Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
10	0,0129	0,00060	8,00	0,00480	3,00	0,0016
9	0,0123	0,00080	8,00	0,00640	3,00	0,0021
8	0,0115	0,00100	8,00	0,00800	3,00	0,0027
7	0,0105	0,00120	8,00	0,00960	3,00	0,0032
6	0,0093	0,00140	8,00	0,01120	3,00	0,0037
5	0,0079	0,00150	8,00	0,01200	3,00	0,0040
4	0,0064	0,00160	8,00	0,01280	3,00	0,0043
3	0,0048	0,00170	8,00	0,01360	3,00	0,0045
2	0,0031	0,00160	8,00	0,01280	3,00	0,0043
1	0,0015	0,00150	8,00	0,01200	3,00	0,0040

Çizelge 4.11.Sap2000 Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i (ton)	$\sum W_j$(ton)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
10	334,68	334,68	0,00050	36,39	3,00	0,0015
9	334,68	669,35	0,00075	59,04	3,00	0,0028
8	334,68	1004,03	0,00095	79,17	3,00	0,0040
7	334,68	1338,71	0,00110	96,79	3,00	0,0051
6	334,68	1673,39	0,00130	111,89	3,00	0,0065
5	334,68	2008,06	0,00135	124,47	3,00	0,0073
4	334,68	2342,74	0,00145	134,54	3,00	0,0084
3	334,68	2677,42	0,00155	142,09	3,00	0,0097
2	334,68	3012,09	0,00150	147,12	3,00	0,0102
1	334,68	3346,77	0,00135	149,64	3,00	0,0101

Çizelge 4.12.Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
10	0,0174	0,01715	0,00072	0,00060	0,00066	1,09	-
9	0,0167	0,01644	0,00109	0,00091	0,00100	1,09	1,52
8	0,0156	0,01535	0,00142	0,00117	0,00129	1,09	1,30
7	0,0142	0,01394	0,00168	0,00139	0,00154	1,10	1,19
6	0,0125	0,01225	0,00191	0,00157	0,00174	1,10	1,13
5	0,0106	0,01034	0,00210	0,00172	0,00191	1,10	1,10
4	0,0085	0,00825	0,00225	0,00185	0,00205	1,10	1,07
3	0,0063	0,00600	0,00237	0,00194	0,00215	1,10	1,05
2	0,0039	0,00363	0,00234	0,00192	0,00213	1,10	0,99
1	0,00157	0,00129	0,00157	0,00129	0,00143	1,10	0,67

Çizelge 4.13. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
10	0,0174	0,00060	8,00	0,00480	3,00	0,0016
9	0,0167	0,00091	8,00	0,00725	3,00	0,0024
8	0,0156	0,00117	8,00	0,00937	3,00	0,0031
7	0,0142	0,00139	8,00	0,01112	3,00	0,0037
6	0,0125	0,00157	8,00	0,01256	3,00	0,0042
5	0,0106	0,00172	8,00	0,01378	3,00	0,0046
4	0,0085	0,00185	8,00	0,01479	3,00	0,0049
3	0,0063	0,00194	8,00	0,01550	3,00	0,0052
2	0,0039	0,00192	8,00	0,01533	3,00	0,0051
1	0,0016	0,00129	8,00	0,01030	3,00	0,0034

Çizelge 4.14. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i (ton)	$\sum W_j$(ton)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
10	334,68	334,68	0,00066	35,73	3,00	0,0021
9	334,68	669,36	0,00100	57,97	3,00	0,0038
8	334,68	1004,04	0,00129	77,74	3,00	0,0056
7	334,68	1338,72	0,00154	95,04	3,00	0,0072
6	334,68	1673,40	0,00174	109,87	3,00	0,0088
5	334,68	2008,08	0,00191	122,22	3,00	0,0105
4	334,68	2342,76	0,00205	132,11	3,00	0,0121
3	334,68	2677,44	0,00215	139,52	3,00	0,0138
2	334,68	3012,12	0,00213	144,46	3,00	0,0148
1	334,68	3346,80	0,00143	146,93	3,00	0,0109

Çizelge 4.15**.** Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

KAT NO	SAP2000 v.14 X yönü (+%5)				STA4Cad v.13 X yönü (+%5)			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
10	1,200	-	0,0016	0,0015	1,09	-	0,0016	0,0021
9	1,067	1,500	0,0021	0,0028	1,09	1,52	0,0024	0,0038
8	1,053	1,267	0,0027	0,0040	1,09	1,30	0,0031	0,0056
7	1,091	1,158	0,0032	0,0051	1,10	1,19	0,0037	0,0072
6	1,077	1,182	0,0037	0,0065	1,10	1,13	0,0042	0,0088
5	1,111	1,038	0,0040	0,0073	1,10	1,10	0,0046	0,0105
4	1,103	1,074	0,0043	0,0084	1,10	1,07	0,0049	0,0121
3	1,097	1,069	0,0045	0,0097	1,10	1,05	0,0052	0,0138
2	1,067	0,968	0,0043	0,0102	1,10	0,99	0,0051	0,0148
1	1,111	0,900	0,0040	0,0101	1,10	0,67	0,0034	0,0109
	$(\eta_{bi})_{max}$=1,2 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{bi})_{max}$=1,10 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)			
	$(\eta_{ki})_{max}$=1,5 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$=1,52< 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0045 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0052 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$=0,0102 <0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$=0,0176<0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

4.2.1.5.Y Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Seçilen yapı örneğinin simetrik betonarme çerçeve sistemden oluştuğu dikkate alındığında Y yönünü deprem kuvveti hesabında ağırlık merkezinin yapının X boyu boyunca + ve - %5 kaydırılması ile hesaplanan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri için aynı sonuçlar elde edilecektir. Bu yüzden sadece ağırlık merkezinin ek dışmerkezlik olarak +%5 X yönü boyunca kaydırılması ile oluşan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

Azaltılmış ivme spektrum katsayıları elde edildikten sonra toplam eşdeğer deprem yükü hesaplanarak +Y yönünde oluşan deprem kuvveti bulunmuştur. Her iki programda modlardan gelen katkıları birleştirirken Tam Karasel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmaktadır. Aşağıdaki çizelgede her iki programda elde edilen Y deprem yönüne ait deprem kuvvetleri bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Örnek 4.1.e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti.

Kat	**Y Yönü Deprem kuvveti (t)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**
10	34,29	33,60
9	21,34	20,91
8	18,97	18,59
7	16,60	16,26
6	14,23	13,94
5	11,86	11,62
4	9,49	9,29
3	7,11	6,97
2	4,74	4,65
1	2,37	2,32

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılması gerekmektedir. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup; X ve Y doğrultusundaki maksimum doğal titreşim periyotlarına ($T_{1x,}$ T_{1y}) göre Spektrum Katsayılarını hesaplayıp deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz. Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.17. Sap2000 Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
10	0,0137	0,0112	0,00070	0,00060	0,00065	1,077	-
9	0,013	0,0106	0,00090	0,00070	0,00080	1,125	1,231
8	0,0121	0,0099	0,00110	0,00100	0,00105	1,048	1,313
7	0,011	0,0089	0,00130	0,00110	0,00120	1,083	1,143
6	0,0097	0,0078	0,00150	0,00120	0,00135	1,111	1,125
5	0,0082	0,0066	0,00160	0,00130	0,00145	1,103	1,074
4	0,0066	0,0053	0,00170	0,00130	0,00150	1,133	1,034
3	0,0049	0,004	0,00170	0,00140	0,00155	1,097	1,033
2	0,0032	0,0026	0,00170	0,00140	0,00155	1,097	1,000
1	0,0015	0,0012	0,00150	0,00120	0,00135	1,111	0,871

Çizelge 4.18**.** Sap2000 Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
10	0,0137	0,00070	8,00	0,00560	3,00	0,0019
9	0,013	0,00090	8,00	0,00720	3,00	0,0024
8	0,0121	0,00110	8,00	0,00880	3,00	0,0029
7	0,011	0,00130	8,00	0,01040	3,00	0,0035
6	0,0097	0,00150	8,00	0,01200	3,00	0,0040
5	0,0082	0,00160	8,00	0,01280	3,00	0,0043
4	0,0066	0,00170	8,00	0,01360	3,00	0,0045
3	0,0049	0,00170	8,00	0,01360	3,00	0,0045
2	0,0032	0,00170	8,00	0,01360	3,00	0,0045
1	0,0015	0,00150	8,00	0,01200	3,00	0,0040

Çizelge 4.19. Sap2000 Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i (ton)	$\sum W_j$(ton)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
10	334,68	334,68	0,00065	34,29	3,00	0,0021
9	334,68	669,35	0,00080	55,63	3,00	0,0032
8	334,68	1004,03	0,00105	74,60	3,00	0,0047
7	334,68	1338,71	0,00120	91,20	3,00	0,0059
6	334,68	1673,39	0,00135	105,43	3,00	0,0071
5	334,68	2008,06	0,00145	117,29	3,00	0,0083
4	334,68	2342,74	0,00150	126,78	3,00	0,0092
3	334,68	2677,42	0,00155	133,89	3,00	0,0103
2	334,68	3012,09	0,00155	138,64	3,00	0,0112
1	334,68	3346,77	0,00135	141,01	3,00	0,0107

Çizelge 4.20. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
10	0,0159	0,01940	0,00073	0,00086	0,00079	1,08	-
9	0,0152	0,01855	0,00105	0,00126	0,00116	1,09	1,46
8	0,0141	0,01728	0,00134	0,00162	0,00148	1,09	1,28
7	0,0128	0,01566	0,00157	0,00190	0,00173	1,10	1,17
6	0,0112	0,01376	0,00175	0,00213	0,00194	1,10	1,12
5	0,0095	0,01163	0,00191	0,00233	0,00212	1,10	1,09
4	0,0076	0,00930	0,00203	0,00249	0,00226	1,10	1,07
3	0,0055	0,00681	0,00212	0,00260	0,00236	1,10	1,04
2	0,0034	0,00421	0,00207	0,00255	0,00231	1,10	0,98
1	0,00134	0,00166	0,00134	0,00166	0,00150	1,11	0,65

Çizelge 4.21**.** Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
10	0,0159	0,00060	8,00	0,00480	3,00	0,0016
9	0,0152	0,00091	8,00	0,00725	3,00	0,0024
8	0,0142	0,00117	8,00	0,00937	3,00	0,0031
7	0,0129	0,00139	8,00	0,01112	3,00	0,0037
6	0,0114	0,00157	8,00	0,01256	3,00	0,0042
5	0,0097	0,00172	8,00	0,01378	3,00	0,0046
4	0,0078	0,00185	8,00	0,01479	3,00	0,0049
3	0,0057	0,00194	8,00	0,01550	3,00	0,0052
2	0,0036	0,00192	8,00	0,01533	3,00	0,0051
1	0,0014	0,00129	8,00	0,01030	3,00	0,0034

Çizelge 4.22**.** Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.1.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
10	334,68	334,68	0,00079	33,60	3,00	0,0035
9	334,68	669,36	0,00116	54,51	3,00	0,0058
8	334,68	1004,04	0,00148	73,09	3,00	0,0083
7	334,68	1338,72	0,00173	89,36	3,00	0,0107
6	334,68	1673,40	0,00194	103,30	3,00	0,0131
5	334,68	2008,08	0,00212	114,91	3,00	0,0155
4	334,68	2342,76	0,00226	124,21	3,00	0,0176
3	334,68	2677,44	0,00236	131,18	3,00	0,0195
2	334,68	3012,12	0,00231	135,83	3,00	0,0203
1	334,68	3346,80	0,00150	138,15	3,00	0,0142

Çizelge 4.23. Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

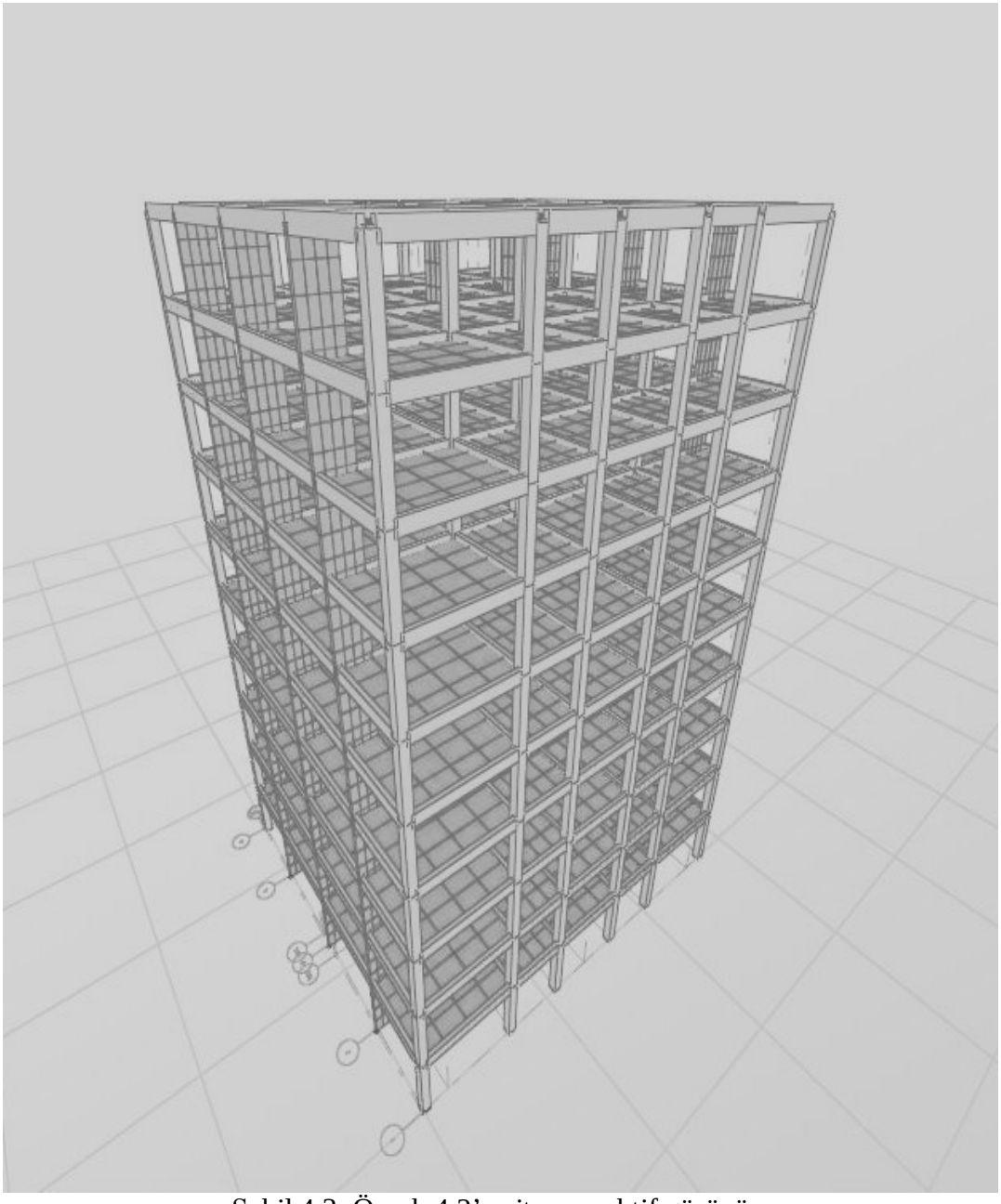
KAT NO	SAP2000 v.14 Y yönü (+%5)				STA4-Cad v.13 Y yönü (+%5)			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
10	1,077	-	0,0019	0,0021	1,08	-	0,0016	0,0035
9	1,125	1,231	0,0024	0,0032	1,09	1,52	0,0024	0,0058
8	1,048	1,313	0,0029	0,0047	1,09	1,30	0,0031	0,0083
7	1,083	1,143	0,0035	0,0059	1,10	1,19	0,0037	0,0107
6	1,111	1,125	0,0040	0,0071	1,10	1,13	0,0042	0,0131
5	1,103	1,074	0,0043	0,0083	1,10	1,10	0,0046	0,0155
4	1,133	1,034	0,0045	0,0092	1,10	1,07	0,0049	0,0176
3	1,097	1,033	0,0045	0,0103	1,10	1,05	0,0052	0,0195
2	1,097	1,000	0,0045	0,0112	1,10	0,99	0,0051	0,0203
1	1,111	0,871	0,0040	0,0107	1,11	0,67	0,0034	0,0142
	$(\eta_{bi})_{max}$=1,125 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{bi})_{max}$=1,11 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)			
	$(\eta_{ki})_{max}$=1,313 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$=1,52< 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0045 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$= 0,0052 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$=0,0112 < 0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$ =0,0203<0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

Örnek 4.1 için her iki programdaki deprem düzensizlikleri incelendiğinde X ve Y yönlerine ait düzensizlik sonuçlarının birbirine çok yakın çıktığı görülmektedir. Yeni Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü düzensizlik kontrolleri çerçevesinde X ve Y yatay deprem yönleri için düzensizlik bulunmamıştır.

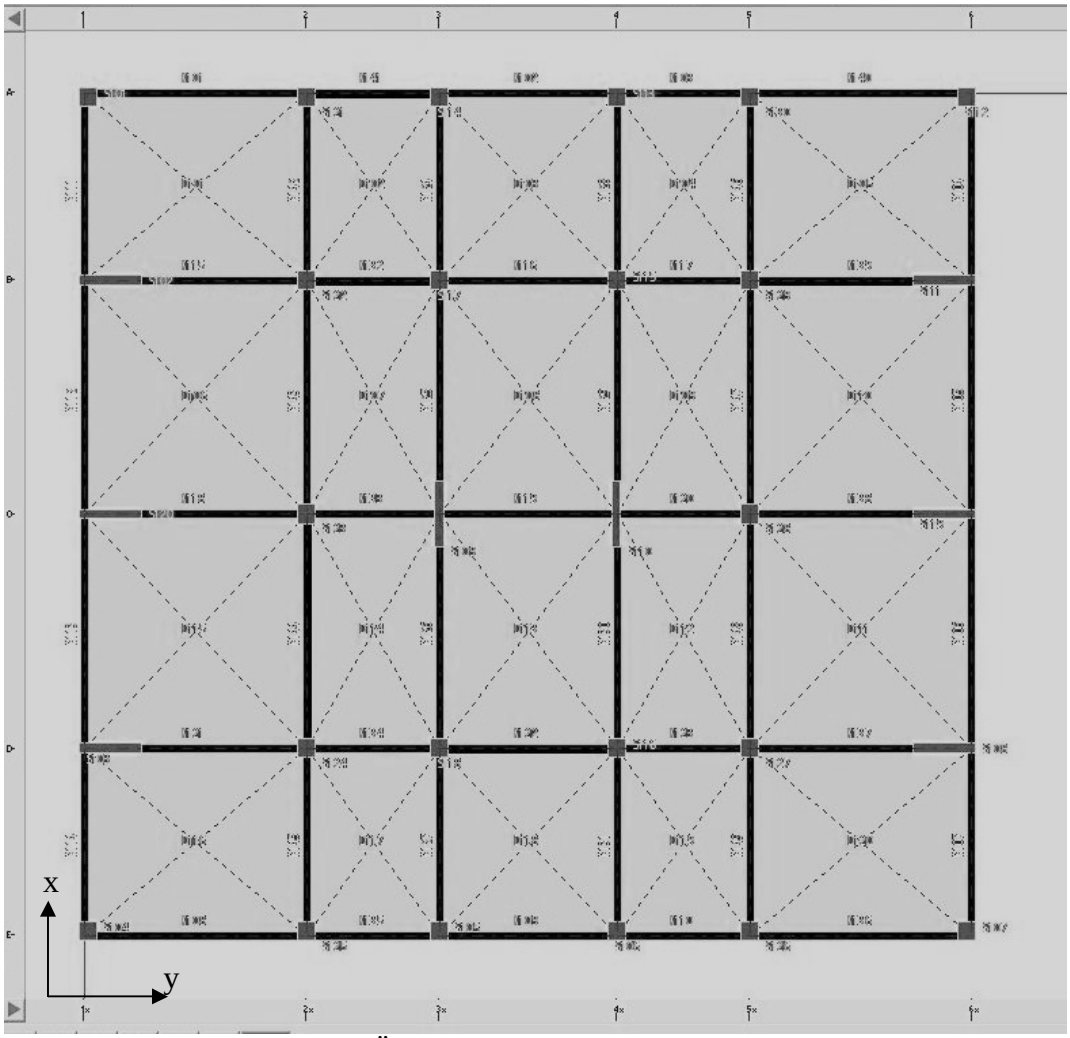
4.2.2. Örnek 4.2.

Bu örnekte; 10 katlı, düşey taşıyıcı sistemi kolon ve perdelerden oluşan, basit ve düzenli bir taşıyıcı sisteme sahip, betonarme bir yapı çözülmüştür. Örnek

4.1'de kullandığımız kolonların 8 tanesinin yerine her iki dogrultuda perdeler kullanılmıştır ve önceki örnekteki gibi ideal oranda düşey taşıyıcı elemanları boyutlandırmak amacıyla kolonların ebatı küçültülerek çözülmüştür. Bu örneğe ait perspektif görünüş şekil 4.3.'de, zemin kat kalıp planı şekil 4.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Örnek 4.2'e ait perspektif görünüş.



Şekil 4.4. Örnek 4.2'e ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.2.2.1. Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 10 Normal Kat
Bina Türü	: Konut
Taşyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeveli sistem
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 7
Deprem Bölgesi	: 2.Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z2
Analiz Tipi	: Dinamik analiz
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,00
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25-BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 20 t/m^2
Zemin Yatak Katsayısı	: 3000 t/ m^3
Kat Yüksekliği	: 3 m

Sta4-Cad programında kat ağırlığında hesaplanmak üzere Döşemelerin 13 cm kalınlıkta plak döşeme olarak modellenmiştir. Bütün katlarda döşeme sabit yükü 0,473 t/m^2, hareketli yük 0,200 t/m^2 verilmiştir. Tüm kirişlerde kat ağırlığında 0,58 t/m değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.24**.** Örnek 4.2.'nin Kolon-Perde Boyutları

KAT NO	**KOLON NO**	**BOYUT (X-Y) (cm)**	**PERDE NO**	**BOYUT (X-Y) (cm)**
1	Tum Kolonlar (S104-S107)	40*40	S102-S103-S108-S109-S110-S111-S119-S120	20*140
2	Tum Kolonlar (S201-S230)	40*40	S202-S203-S208-S209-S210-S211-S219-S220	20*140
3	Tum Kolonlar (S301-S330)	40*40	S302-S303-S308-S309-S310-S311-S319-S320	20*140
4	Tum Kolonlar (S401-S430)	40*40	S402-S403-S408-S409-S410-S411-S419-S420	20*140
5	Tum Kolonlar (S501-S530)	40*40	S502-S503-S508-S509-S510-S511-S519-S520	20*140
6	Tum Kolonlar (S601-S630)	40*40	S602-S603-S608-S609-S610-S611-S619-S620	20*140
7	Tum Kolonlar (S701-S730)	40*40	S702-S703-S708-S709-S710-S711-S719-720	20*140
8	Tum Kolonlar (S801-S830)	40*40	S802-S803-S808-S809-S810-S811-S819-S820	20*140
9	Tum Kolonlar (S901-S930)	40*40	S902-S903-S908-S909-S910-S911-S919-S920	20*140
10	Tum Kolonlar (S1001-S1030)	40*40	S1002-S1003-S1008-S1009-S1010-S1011-S1019-S1020	20*140

Tüm katlardaki kiriş kesitleri 25x50 cmxcm olup Sta4-Cad programında tablasız kiriş opsiyonu seçilmiştir.

4.2.2.2. Kat Ağırlıkları Hesabı

Örnek 4.2 için kat ağırlığı hesabında, Denk.(2.6)'ya göre hesaplanacaktır. Hareketli Yük Katılım Katsayısı, Tablo(2.7)'ye göre 0,3 seçilmiştir. Örneklerde kullanılmak üzere Sta4-Cad programında elde edilen kat ağırlıkları Sap2000 programında da kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.25.'de Sta4-Cad programında bulunan kat ağırlıkları aşağıda verilmiştir.

$$w_i = g_i + nq_i \tag{2.6}$$

Çizelge 4.25. Örnek 4.2.'e Ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları.

Kat No	**H(m)**	**W_g (ton)**	**W_q(ton)**	**W_k(ton)**
10	30	309,04	72	330,643
9	27	309,04	72	330,643
8	24	309,04	72	330,643
7	21	309,04	72	330,643
6	18	309,04	72	330,643
5	15	309,04	72	330,643
4	12	309,04	72	330,643
3	9	309,04	72	330,643
2	6	309,04	72	330,643
1	3	309,04	72	330,643
			ΣW_k	3306,43

4.2.2.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı

Her iki programda karşılaştırma yapılması için Sta4Cad'de hesaplanan yapı burulma kütle atalet momentleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.26.Örnek 4.2.'e Ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı.

Kat No	**A(m^2)**	**I_x(m^4)**	**I_y(m^4)**	**mi(w_i/g)**	**θ $(I_x+I_y)/A$**	**m_i θ**
10	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
9	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
8	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
7	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
6	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
5	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
4	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
3	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
2	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516
1	360	9720	12000	33,705	60,33	2033,516

Bu çalışmada Sap2000 için 30 mod Sta4-Cad için 9 mod kullanılmıştır. Her iki programa ait titreşim modları ve bu modlara ait periyotlar ile etkin kütle katılım oranları verilmiştir

Çizelge 4.27.Örnek 4.2.'e Ait Yapının Sap2000 Programı İle Elde Edilen Doğal Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları

Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları					
SAP2000 V.14					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	y	1,2344	0,0000	0,8055	0,3338
2	b	1,0484	0,0000	0,0000	0,2040
3	x	1,0298	0,7964	0,0000	0,2673
4	y	0,3959	0,0000	0,1051	0,0435
5	b	0,3397	0,0000	0,0000	0,0248
6	x	0,3258	0,1057	0,0000	0,0355
7	y	0,2205	0,0000	0,0381	0,0158
8	b	0,1933	0,0000	0,0000	0,0091
9	x	0,1782	0,0404	0,0000	0,0135
10	y	0,1466	0,0000	0,0207	0,0086
11	b	0,1302	0,0000	0,0000	0,0049
12	x	0,1156	0,0226	0,0000	0,0076
13	y	0,1055	0,0000	0,0127	0,0053
14	b	0,0949	0,0000	0,0000	0,0030
15	x	0,0813	0,0142	0,0000	0,0048
16	y	0,0804	0,0000	0,0082	0,0034
17	b	0,0730	0,0000	0,0000	0,0019
18	y	0,0640	0,0000	0,0052	0,0021
19	x	0,0608	0,0093	0,0000	0,0031
20	b	0,0586	0,0000	0,0000	0,0012
21	y	0,0534	0,0000	0,0030	0,0012
22	b	0,0491	0,0000	0,0000	0,0007
23	x	0,0479	0,0059	0,0000	0,0020
24	y	0,0466	0,0000	0,0014	0,0006
25	b	0,0429	0,0000	0,0000	0,0003
26	y	0,0429	0,0000	0,0004	0,0001
27	x	0,0396	0,0035	0,0000	0,0012
28	b	0,0395	0,0000	0,0000	0,0001
29	x	0,0345	0,0016	0,0000	0,0005
30	x	0,0317	0,0004	0,0000	0,0001
			100,00%	100,00%	100,00%

Çizelge 4.28**.** Örnek 4.2.'e Ait Yapının Sta4-Cad Programı İle Elde Edilen Doğal Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları.

Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları					
STA4CAD V.13					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	y	1,1906	0,0000	0,7998	0,0000
2	x	1,0215	0,7897	0,0000	0,0000
3	b	0,9925	0,0000	0,0000	0,8108
4	y	0,3809	0,0000	0,1053	0,0000
5	b	0,3221	0,0000	0,0000	0,0990
6	x	0,3217	0,1064	0,0000	0,0000
7	y	0,2118	0,0000	0,0388	0,0000
8	b	0,1837	0,0000	0,0000	0,0372
9	x	0,1746	0,0415	0,0000	0,0368
			93,75%	94,38%	98,37%

Yukarıdaki periyotlar incelendiğinde elde edilen periyotların birbirine yakın oldukları görülmüştür. Sap2000 programı her bir mod için etkin kütle oranlarını hesaplarken o moda etki eden X, Y ve burulma bileşenlerinden gelen katkılarıda hesaplamaktadır. Sta4-Cad programı ise ilgili modu hesaplarken o mod için hangi yön ağırlıklı ise sadece o yöndeki etkin kütle oranını hesaplamaktadır. O moda ait diğer yönlerden gelen katkı göz önüne alınmamaktadır. Bu şekilde DBYBHY-2007'de belirtilen etkin kütle toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlesinin %90'nın daha az olmaması kuralına göre daha fazla mod katkısı sağlandığı görülmüştür.

Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiştir. Tablo(2.5)'te belirtilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) deprem yüklerinin tamamının çerçeveli ve perdeli sistemle taşınan yapılar için 7 alınmıştır.

Yerel zemin sınıfı Z2 alındığından Tablo2.4'e göre Spektrum Karakteristik periyotları T_A=0.15 s – T_B=0.40 s alınmıştır.

DBYBHY-2007, 2.8.2.1 bölümünde belirtilen etkin kütle toplamının bina toplam kütlesinin %90'ından az olmaması kuralına göre Sap2000 ve Sta4-Cad programlarında elde edilen periyotlara göre spektrum katsayıları hesaplanmasında ilk 9 mod dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.29**.** Örnek 4.2.'e Ait Spektrum Katsayıları Tespiti.

Mod	**Periyot (T)**		**S(T)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**	**Sap2000**	**Sta4-Cad**
1	1,2344	1,1906	1,074	1,067
2	1,0484	1,0215	1,064	1,066
3	1,0298	0,9925	1,062	1,066
4	0,3959	0,3809	2,500	2,500
5	0,3397	0,3221	2,500	2,500
6	0,3258	0,3217	2,500	2,500
7	0,2205	0,2118	2,500	2,500
8	0,1933	0,1837	2,500	2,500
9	0,1782	0,1746	2,500	2,500

Hesaplanan spektrum katsayıları ve bina genel bilgilerinde belirtilen bilgiler ışığında Çizelge 4.30'da Örnek 4.2'e ait azaltılmış ivme spektrum ordinatı aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.30**.**Örnek 4.2.'e Ait Spektral İvme Değerleri Ve Azaltılmış İvme Spektrumu.

Mod	**A (T)**		**R(T)**		**Spa(T)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**	**Sap2000**	**Sta4-Cad**	**Sap2000**	**Sta4-Cad**
1	0,304	0,313	7	7	0,427	0,439
2	0,347	0,354	7	7	0,486	0,496
3	0,352	0,363	7	7	0,493	0,508
4	0,750	0,750	7	7	1,051	1,051
5	0,750	0,750	7	7	1,051	1,051
6	0,750	0,750	7	7	1,051	1,051
7	0,750	0,750	7	7	1,051	1,051
8	0,750	0,750	7	7	1,051	1,051
9	0,750	0,750	7	7	1,051	1,051

Azaltılmış ivme spektrum katsayıları elde edildikten sonra toplam eşdeğer deprem yükü hesaplanıp deprem kuvvetleri bulunmuştur. Her iki programda modlardan gelen katkıları birleştirirken Tam Karasel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmaktadır.

4.2.2.4. X Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Sta4-Cad ve SAP2000 programında her iki deprem yönü için sadece bir kere kat kütle merkezine göre yapı periyotları hesaplandığı için Xve Y deprem yönleri için aynı spektrum katsayıları S(T) kullanılmıştır.

Seçilen yapı örneğinin simetrik betonarme çerçeve sistemden oluştuğu dikkate alındığında x yönünü deprem kuvveti hesabında ağırlık merkezinin yapının Y boyu boyunca + ve - %5 kaydırılması ile hesaplanan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri için aynı sonuçlar elde edilecektir.Bu yüzden sadece ağırlık merkezinin ek dışmerkezlik olarak +%5 Y yönü boyunca kaydırılması ile oluşan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

Çizelge 4.31.Örnek 4.2.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti.

Kat	X Yönü Deprem kuvveti (t)	
	Sap2000	Sta4-Cad
10	40,43	40,69
9	25,16	25,33
8	22,37	22,51
7	19,57	19,70
6	16,78	16,89
5	13,98	14,07
4	11,18	11,26
3	8,39	8,44
2	5,59	5,63
1	2,80	2,81

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılacaktır. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup daha sonra bu periyotlara göre deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge4.32.Sap2000 Programı İle Örnek4.2.'ye Ait +X(%5)Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
10	0,0258	0,0197	0,00130	0,00110	0,00120	1,083	-
9	0,0245	0,0186	0,00170	0,00130	0,00150	1,133	1,250
8	0,0228	0,0173	0,00220	0,00170	0,00195	1,128	1,300
7	0,0206	0,0156	0,00250	0,00200	0,00225	1,111	1,154
6	0,0181	0,0136	0,00300	0,00220	0,00260	1,154	1,156
5	0,0151	0,0114	0,00320	0,00250	0,00285	1,123	1,096
4	0,0119	0,0089	0,00340	0,00260	0,00300	1,133	1,053
3	0,0085	0,0063	0,00340	0,00260	0,00300	1,133	1,000
2	0,0051	0,0037	0,00320	0,00230	0,00275	1,164	0,917
1	0,0019	0,0014	0,00190	0,00140	0,00165	1,152	0,600

Çizelge 4.33.Sap2000 Programı İle Örnek 4.2.'ye Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
10	0,0258	0,00130	7,00	0,00910	3,00	0,0030
9	0,0245	0,00170	7,00	0,01190	3,00	0,0040
8	0,0228	0,00220	7,00	0,01540	3,00	0,0051
7	0,0206	0,00250	7,00	0,01750	3,00	0,0058
6	0,0181	0,00300	7,00	0,02100	3,00	0,0070
5	0,0151	0,00320	7,00	0,02240	3,00	0,0075
4	0,0119	0,00340	7,00	0,02380	3,00	0,0079
3	0,0085	0,00340	7,00	0,02380	3,00	0,0079
2	0,0051	0,00320	7,00	0,02240	3,00	0,0075
1	0,0019	0,00190	7,00	0,01330	3,00	0,0044

Çizelge 4.34.Sap2000 Programı İle Örnek 4.2.'ye Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	**w_i (ton)**	**$\sum W_j$(ton)**	**$(\Delta_i)_{ort}$**	**V_i**	**h_i**	**θ_i**
10	330,64	330,64	0,00120	40,43	3,00	0,0033
9	330,64	661,29	0,00150	65,59	3,00	0,0050
8	330,64	991,93	0,00195	87,96	3,00	0,0073
7	330,64	1322,57	0,00225	107,53	3,00	0,0092
6	330,64	1653,22	0,00260	124,31	3,00	0,0115
5	330,64	1983,86	0,00285	138,29	3,00	0,0136
4	330,64	2314,50	0,00300	149,47	3,00	0,0155
3	330,64	2645,14	0,00300	157,86	3,00	0,0168
2	330,64	2975,79	0,00275	163,45	3,00	0,0167
1	330,64	3306,43	0,00165	166,25	3,00	0,0109

Çizelge 4.35.Sta4-Cad Programı İle Örnek4.2.'ye Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	**$(d_1)_{max}$**	**$(d_1)_{min}$**	**$(\Delta_i)_{max}$**	**$(\Delta_i)_{min}$**	**$(\Delta_i)_{ort}$**	**η_{bi}**	**η_{ki}**
10	0,0159	0,02047	0,00084	0,00103	0,00094	1,10	-
9	0,0151	0,01944	0,00110	0,00138	0,00124	1,11	1,33
8	0,0140	0,01807	0,00138	0,00174	0,00156	1,12	1,26
7	0,0126	0,01632	0,00162	0,00206	0,00184	1,12	1,18
6	0,0110	0,01427	0,00183	0,00233	0,00208	1,12	1,13
5	0,0092	0,01194	0,00200	0,00255	0,00227	1,12	1,09
4	0,0072	0,00939	0,00211	0,00271	0,00241	1,12	1,06
3	0,0051	0,00668	0,00212	0,00275	0,00244	1,13	1,01
2	0,0029	0,00393	0,00189	0,00250	0,00220	1,14	0,90
1	0,00104	0,00143	0,00104	0,00143	0,00123	1,16	0,56

Çizelge 4.36.Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.2.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
10	0,0159	0,00084	7,00	0,00590	3,00	0,0020
9	0,0151	0,00110	7,00	0,00771	3,00	0,0026
8	0,0140	0,00138	7,00	0,00964	3,00	0,0032
7	0,0126	0,00162	7,00	0,01136	3,00	0,0038
6	0,0110	0,00183	7,00	0,01281	3,00	0,0043
5	0,0092	0,00200	7,00	0,01398	3,00	0,0047
4	0,0072	0,00211	7,00	0,01478	3,00	0,0049
3	0,0051	0,00212	7,00	0,01487	3,00	0,0050
2	0,0029	0,00189	7,00	0,01325	3,00	0,0044
1	0,0010	0,00104	7,00	0,00727	3,00	0,0024

Çizelge 4.37.Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.2.'ye Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
10	330,64	330,64	0,00094	40,69	3,00	0,0034
9	330,64	661,29	0,00124	66,02	3,00	0,0052
8	330,64	991,93	0,00156	88,53	3,00	0,0072
7	330,64	1322,57	0,00184	108,23	3,00	0,0094
6	330,64	1653,22	0,00208	125,12	3,00	0,0116
5	330,64	1983,86	0,00227	139,19	3,00	0,0137
4	330,64	2314,50	0,00241	150,44	3,00	0,0155
3	330,64	2645,14	0,00244	158,89	3,00	0,0166
2	330,64	2975,79	0,00220	164,51	3,00	0,0161
1	330,64	3306,43	0,00123	167,33	3,00	0,0098

Çizelge4.38.Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

KAT NO	SAP2000 v.14 X yönü (+%5)				STA4Cad v.13 X yönü (+%5)			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
10	1,083	-	0,0030	0,0033	1,10	-	0,0020	0,0034
9	1,133	1,250	0,0040	0,0050	1,11	1,33	0,0026	0,0052
8	1,128	1,300	0,0051	0,0073	1,12	1,26	0,0032	0,0072
7	1,111	1,154	0,0058	0,0092	1,12	1,18	0,0038	0,0094
6	1,154	1,156	0,0070	0,0115	1,12	1,13	0,0043	0,0116
5	1,123	1,096	0,0075	0,0136	1,12	1,09	0,0047	0,0137
4	1,133	1,053	0,0079	0,0155	1,12	1,06	0,0049	0,0155
3	1,133	1,000	0,0079	0,0168	1,13	1,01	0,0050	0,0166
2	1,164	0,917	0,0075	0,0167	1,14	0,90	0,0044	0,0161
1	1,152	0,600	0,0044	0,0109	1,16	0,56	0,0024	0,0098
	$(\eta_{bi})_{max}$=1,164 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{bi})_{max}$=1,16 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)			
	$(\eta_{ki})_{max}$=1,3 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$=1,33< 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0079 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,005 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$=0,0168 <0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$=0,0166<0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

4.2.2.5. Y Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Seçilen yapı örneğinin simetrik betonarme çerçeve sistemden oluştuğu dikkate alındığında Y yönünü deprem kuvveti hesabında ağırlık merkezinin, yapının X yönü boyunca + ve - %5 kaydırılması ile hesaplanan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri için aynı sonuçlar elde edilecektir. Bu yüzden sadece ağırlık merkezinin ek dışmerkezlik olarak +%5 X yönü boyunca kaydırılması ile oluşan deprem kuvveti ve düzensizlik kontrolleri yapılmıştır.

Azaltılmış ivme spektrum katsayıları elde edildikten sonra toplam eşdeğer deprem kuvveti bulunup +Y yönünde oluşan deprem kuvveti

hesaplanmıştır. Her iki programda modlardan gelen katkıları birleştirirken Tam Karasel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmaktadır. Aşağıdaki çizelgede her iki programda elde edilen Y deprem yönüne ait deprem kuvvetleri bulunmuştur.

Çizelge 4.39.Örnek 4.2.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönün İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti.

Kat	**Y Yönü Deprem kuvveti (t)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**
10	34,97	36,00
9	21,77	22,41
8	19,35	19,92
7	16,93	17,43
6	14,51	14,94
5	12,09	12,45
4	9,67	9,96
3	7,26	7,47
2	4,84	4,98
1	2,42	2,49

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılacaktır. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup; X ve Y doğrultusundaki maksimum doğal titreşim periyotlarına ($T_{1x,}$ T_{1y}) göre Spektrum Katsayılarını hesaplayıp deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz. Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.40.Sap2000 Programı İle Örnek 4.2.'ye Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
10	0,0313	0,0247	0,00140	0,00120	0,00130	1,077	-
9	0,0299	0,0235	0,00210	0,00170	0,00190	1,105	1,462
8	0,0278	0,0218	0,00260	0,00200	0,00230	1,130	1,211
7	0,0252	0,0198	0,00310	0,00250	0,00280	1,107	1,217
6	0,0221	0,0173	0,00350	0,00280	0,00315	1,111	1,125
5	0,0186	0,0145	0,00380	0,00300	0,00340	1,118	1,079
4	0,0148	0,0115	0,00410	0,00320	0,00365	1,123	1,074
3	0,0107	0,0083	0,00410	0,00320	0,00365	1,123	1,000
2	0,0066	0,0051	0,00400	0,00310	0,00355	1,127	0,973
1	0,0026	0,002	0,00260	0,00200	0,00230	1,130	0,648

Çizelge 4.41.Sap2000 Programı İle Örnek 4.2.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta i)max$	h_i	$(\delta i)max/h_i$
10	0,0313	0,00140	7,00	0,00980	3,00	0,0033
9	0,0299	0,00210	7,00	0,01470	3,00	0,0049
8	0,0278	0,00260	7,00	0,01820	3,00	0,0061
7	0,0252	0,00310	7,00	0,02170	3,00	0,0072
6	0,0221	0,00350	7,00	0,02450	3,00	0,0082
5	0,0186	0,00380	7,00	0,02660	3,00	0,0089
4	0,0148	0,00410	7,00	0,02870	3,00	0,0096
3	0,0107	0,00410	7,00	0,02870	3,00	0,0096
2	0,0066	0,00400	7,00	0,02800	3,00	0,0093
1	0,0026	0,00260	7,00	0,01820	3,00	0,0061

Çizelge 4.42.Sap2000 Programı İle Örnek 4.2.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	**w_i (ton)**	**$\sum W_j$(ton)**	**$(\Delta_i)_{ort}$**	**V_i**	**h_i**	**θ_i**
10	330,64	330,64	0,00130	34,97	3,00	0,0041
9	330,64	661,29	0,00190	56,74	3,00	0,0074
8	330,64	991,93	0,00230	76,09	3,00	0,0100
7	330,64	1322,57	0,00280	93,02	3,00	0,0133
6	330,64	1653,22	0,00315	107,53	3,00	0,0161
5	330,64	1983,86	0,00340	119,63	3,00	0,0188
4	330,64	2314,50	0,00365	129,30	3,00	0,0218
3	330,64	2645,14	0,00365	136,56	3,00	0,0236
2	330,64	2975,79	0,00355	141,39	3,00	0,0249
1	330,64	3306,43	0,00230	143,81	3,00	0,0176

Çizelge 4.43.Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.2.'ye Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma VeYumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	**$(d_1)_{max}$**	**$(d_1)_{min}$**	**$(\Delta_i)_{max}$**	**$(\Delta_i)_{min}$**	**$(\Delta_i)_{ort}$**	**η_{bi}**	**η_{ki}**
10	0,0191	0,02399	0,00096	0,00117	0,00106	1,10	-
9	0,0181	0,02283	0,00133	0,00163	0,00148	1,10	1,39
8	0,0168	0,02119	0,00167	0,00207	0,00187	1,11	1,26
7	0,0151	0,01912	0,00195	0,00243	0,00219	1,11	1,17
6	0,0132	0,01669	0,00218	0,00272	0,00245	1,11	1,12
5	0,0110	0,01397	0,00237	0,00297	0,00267	1,11	1,09
4	0,0086	0,01100	0,00253	0,00317	0,00285	1,11	1,07
3	0,0061	0,00783	0,00261	0,00328	0,00294	1,11	1,03
2	0,0035	0,00455	0,00246	0,00312	0,00279	1,12	0,95
1	0,00104	0,00143	0,00150	0,00193	0,00172	1,12	0,62

Çizelge 4.44.Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.2.'ye Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
10	0,0191	0,00096	7,00	0,00674	3,00	0,0027
9	0,0181	0,00133	7,00	0,00929	3,00	0,0038
8	0,0168	0,00167	7,00	0,01169	3,00	0,0048
7	0,0151	0,00195	7,00	0,01367	3,00	0,0057
6	0,0132	0,00218	7,00	0,01528	3,00	0,0064
5	0,0110	0,00237	7,00	0,01662	3,00	0,0069
4	0,0086	0,00253	7,00	0,01769	3,00	0,0074
3	0,0061	0,00261	7,00	0,01824	3,00	0,0077
2	0,0035	0,00246	7,00	0,01720	3,00	0,0073
1	0,0010	0,00150	7,00	0,01052	3,00	0,0045

Çizelge 4.45.Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.2.'ye Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
10	330,64	330,64	0,00106	36,00	3,00	0,0042
9	330,64	661,29	0,00148	58,41	3,00	0,0067
8	330,64	991,93	0,00187	78,32	3,00	0,0095
7	330,64	1322,57	0,00219	95,75	3,00	0,0124
6	330,64	1653,22	0,00245	110,69	3,00	0,0153
5	330,64	1983,86	0,00267	123,14	3,00	0,0180
4	330,64	2314,50	0,00285	133,10	3,00	0,0205
3	330,64	2645,14	0,00294	140,57	3,00	0,0225
2	330,64	2975,79	0,00279	145,54	3,00	0,0226
1	330,64	3306,43	0,00172	148,03	3,00	0,0150

Çizelge4.46.Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

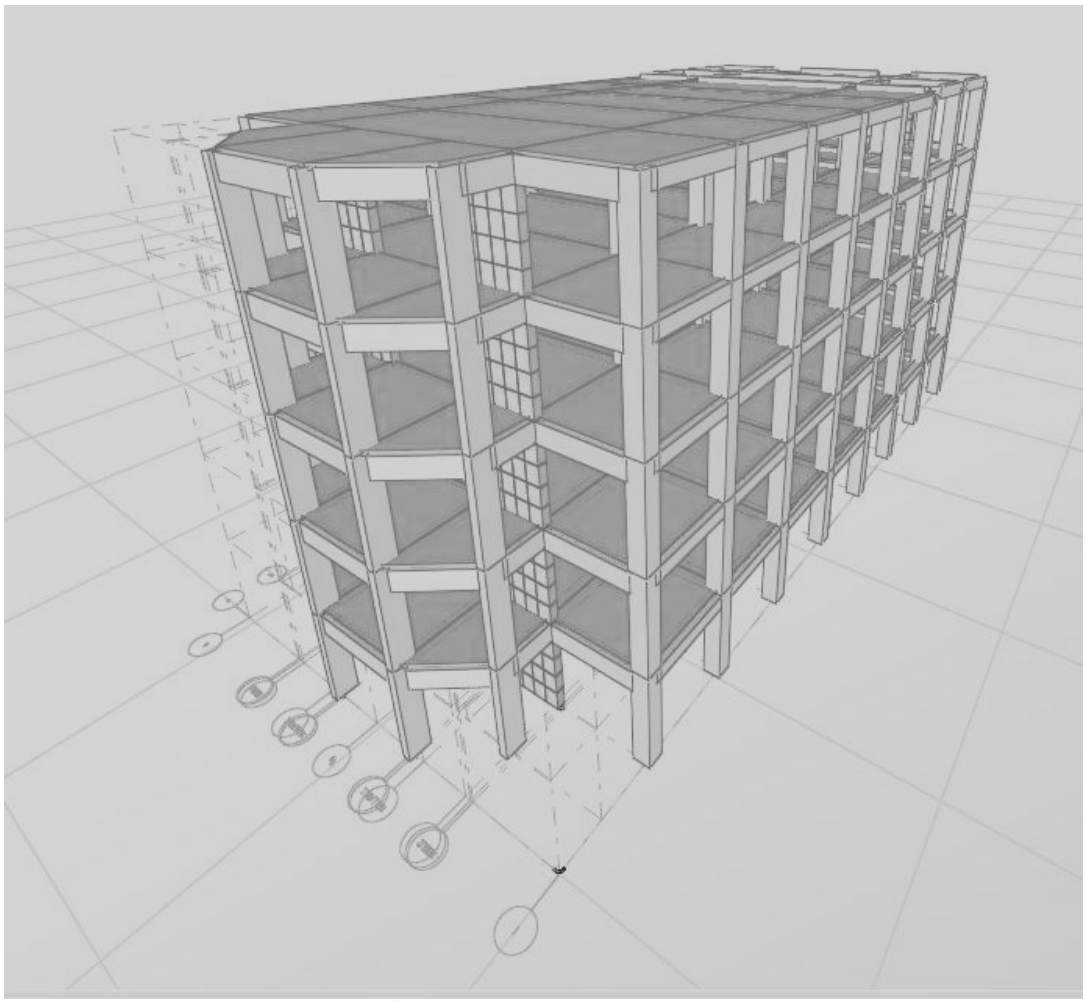
KAT NO	SAP2000 v.14 Y yönü (+%5)				STA4Cad v.13 Y yönü (+%5)			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
10	1,077	-	0,0033	0,0041	1,10	-	0,0027	0,0042
9	1,105	1,462	0,0049	0,0074	1,10	1,39	0,0038	0,0067
8	1,130	1,211	0,0061	0,0100	1,11	1,26	0,0048	0,0095
7	1,107	1,217	0,0072	0,0133	1,11	1,17	0,0057	0,0124
6	1,111	1,125	0,0082	0,0161	1,11	1,12	0,0064	0,0153
5	1,118	1,079	0,0089	0,0188	1,11	1,09	0,0069	0,0180
4	1,123	1,074	0,0096	0,0218	1,11	1,07	0,0074	0,0205
3	1,123	1,000	0,0096	0,0236	1,11	1,03	0,0077	0,0225
2	1,127	0,973	0,0093	0,0249	1,12	0,95	0,0073	0,0226
1	1,130	0,648	0,0061	0,0176	1,12	0,62	0,0045	0,0150
	$(\eta_{bi})_{max}$=1,13 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{bi})_{max}$=1,12 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)			
	$(\eta_{ki})_{max}$=1,462 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$ =1,39< 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0096 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0077 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$=0,0249 <0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$ =0,0226<0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

Örnek 4.2 için her iki programdaki deprem düzensizlikleri incelendiğinde X ve Y yönlerine ait düzensizlik sonuçlarının birbirine çok yakın çıktığı görülmektedir. Yeni Deprem Yönetmeliği'nin öngördüğü düzensizlik kontrolleri çerçevesinde X ve Y yatay deprem yönleri için düzensizlik bulunmamıştır.

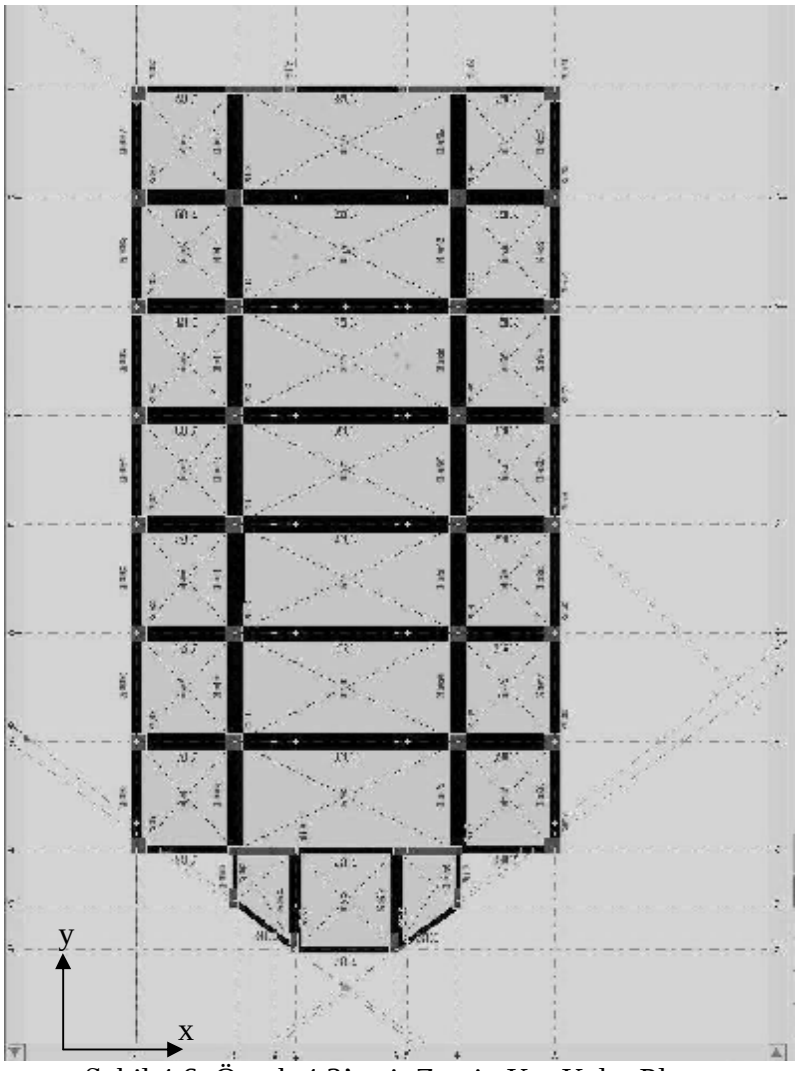
4.2.3. Örnek 4.3.

Bu örnekte; 5 katlı, farklı bir taşıyıcı sisteme sahip betonarme kültür merkezi seçilmiştir. Bu yapıda farklı boyutlarda kolonlar ve perde kullanılarak analizi gerçekleştirilip bu sistemdeki deprem kuvvetleri sonucu beklenen

düzensizlik durumlarının irdelenmesi yapılmıştır.



Şekil 4.5. Örnek 4.3'e ait perspektif görünüş.



Şekil 4.6. Örnek 4.3'e ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.2.3.1. Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 5 Normal Kat
Bina Türü	: Kültür Merkezi
Taşyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeveli sistem
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 7
Deprem Bölgesi	: 2.Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z2
Analiz Tipi	: Dinamik analiz
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,2
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25-BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 16,5 t/m^2
Zemin Yatak Katsayısı	: 1980 t/ m^3
Kat Yüksekliği	: 3,5 m

Sta4-Cad programında kat ağırlığında hesaplanmak üzere Döşemelerin 15 cm kalınlıkta plak döşeme olarak modellenmiştir. Döşeme sabit yükü 0,587 t/m^2, hareketli yük olarak 0,250 t/m^2 olarak alınmıştır. Kirişlerde kat ağırlığında 0,78 t/m değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.3.'ün Kolon Boyutları

KAT NO	**KOLON NO**	**BOYUT (X-Y) (cm)**	**KOLON NO**	**BOYUT (X-Y) (cm)**	**PERDE NO**	**BOYUT (X-Y) (cm)**
1	Tum Kolonlar (S101-S108), (S110-S117), (S199-S134)	60*60	S109, S118-S135, S136,	30*75	S102-S103-S108-S109-S110-S111-S119-S120	30*250
2	Tum Kolonlar (S201-S208), (S210-S217), (S299-S234)	60*60	S209, S218-S235, S236,	30*75	S202-S203-S208-S209-S210-S211-S219-S220	30*250
3	Tum Kolonlar (S301-S308), (S310-S317), (S399-S334)	60*60	S309, S318-S335, S336,	30*75	S302-S303-S308-S309-S310-S311-S319-S320	30*250
4	Tum Kolonlar (S401-S408), (S410-S417), (S499-S434)	60*60	S409, S418-S435, S436,	30*75	S402-S403-S408-S409-S410-S411-S419-S420	30*250
5	Tum Kolonlar (S501-S508), (S510-S517), (S599-S534)	60*60	S509, S518-S535, S536,	30*75	S502-S503-S508-S509-S510-S511-S519-S520	30*250

Tüm katlardaki kiriş kesitleri 50*70, 50*40, 35*50 ve 70*30 cmxcm olup Sta4-Cad programında tablasız kiriş opsiyonu seçilmiştir.

4.2.3.2. Kat Ağırlıkları Hesabı

Örnek 4.3 için kat ağırlığı hesabında Denk.(2.6)'ya göre hesaplanacaktır.Hareketli Yük Katılım Katsayısı Tablo(2.7)'ye göre 0,3 seçilmiştir.

Örneklerde kullanılmak üzere Sta4-Cad programında elde edilen kat ağırlıkları Sap2000 programında kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.48.'de Sta4-Cad programında bulunan kat ağırlıkları aşağıda verilmiştir.

$$w_i = g_i + nq_i \tag{2.6}$$

Çizelge 4.48. Örnek 4.3.'e Ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları.

Kat No	**H(m)**	**W_g (ton)**	**W_q(ton)**	**W_k(ton)**
5	17,5	548,49	156,35	595,4
4	14	548,49	156,35	595,4
3	10,5	548,49	156,35	595,4
2	7	548,49	156,35	595,4
1	3,5	548,49	156,35	595,4
			ΣW_k	2977

4.2.3.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı

Her iki programda karşılaştırma yapılması için Sta4-Cad'de hesaplanan yapı burulma kütle atalet momentleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.49.Örnek 4.3.'e Ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı.

Kat No	**A(m^2)**	**I_x(m^4)**	**I_y(m^4)**	**m_i(w_i/g)**	**θ $(I_x+I_y)/A$**	**m_i θ**
5	445,34	7989,05	33304,4	60,693	92,72	5627,672
4	445,34	7989,05	33304,4	60,693	92,72	5627,672
3	445,34	7989,05	33304,4	60,693	92,72	5627,672
2	445,34	7989,05	33304,4	60,693	92,72	5627,672
1	445,34	7989,05	33304,4	60,693	92,72	5627,672

DBYBHY-2007'e göre Sap2000 programında birbirine dik her iki deprem doğrultusu için kat kütle eylemsizlik momenti her katın ağırlık merkezine uygulanmıştır. Bu şekilde X ve Y deprem yönleri için sadece bir kere analiz yapılmıştır. Sap2000 ve Sta4-Cad programlarında kullanılacak mod sayısı opsiyonel olarak ayarlanabilmektedir. Bu tezde Sap2000 için 15 mod Sta4-Cad için 9 mod kullanılmıştır. Her iki programa ait titreşim modları ve bu modlara ait periyotlar ile etkin kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 4.50.Örnek 4.3.'e Ait Yapının Sap2000 Programı İle Elde Edilen Doğal Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları.

Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları					
SAP2000 V.14					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	x	0,4926	0,8351	0,0000	0,1093
2	y	0,4243	0,0000	0,7433	0,6269
3	b	0,3344	0,0000	0,0430	0,0551
4	x	0,1537	0,1059	0,0000	0,0139
5	y	0,1226	0,0000	0,1305	0,1080
6	b	0,0958	0,0000	0,0070	0,0103
7	x	0,0828	0,0382	0,0000	0,0051
8	y	0,0601	0,0000	0,0482	0,0392
9	x	0,0537	0,0162	0,0000	0,0021
10	b	0,0464	0,0000	0,0018	0,0051
11	x	0,0405	0,0044	0,0000	0,0006
12	y	0,0378	0,0000	0,0204	0,0162
13	y	0,0289	0,0000	0,0018	0,0009
14	b	0,0287	0,0000	0,0039	0,0063
15	b	0,0219	0,0000	0,0000	0,0010
			97,93%	98,19%	98,14%

Çizelge 4.51.Örnek 4.3.'e Ait Yapının Sta4-Cad Programı İle Elde Edilen Doğal Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları.

Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları					
STA4CAD V.13					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	x	0,5005	0,8225	0,0000	0,0000
2	y	0,3740	0,0000	0,7901	0,0039
3	b	0,2986	0,0000	0,0359	0,7893
4	x	0,1552	0,1116	0,0000	0,0000
5	y	0,1089	0,0000	0,1315	0,0078
6	b	0,0865	0,0000	0,0093	0,1290
7	x	0,0833	0,0415	0,0000	0,0000
8	x	0,0545	0,0189	0,0000	0,0000
9	y	0,0542	0,0000	0,0044	0,0044
			99,44%	97,11%	93,44%

Yukarıdaki periyotlar incelendiğinde elde edilen periyotların birbirine yakın oldukları görülmüştür. Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiştir. Tablo(2.5)'te belirtilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) deprem yüklerinin tamamının çerçeveli ve perdeli yapılar için 7 alınmıştır.

Yerel zemin sınıfı Z2 alındığından Tablo2.4'e göre Spektrum Karakteristik periyotları T_A=0.15 s – T_B=0.40 s alınmıştır.

DBYBHY-2007, 2.8.2.1 bölümünde belirtilen etkin kütle toplamının bina toplam kütlesinin %90'ından az olmaması kuralına göre Sap2000 ve Sta4-Cad programlarında elde edilen periyotlara göre spektrum katsayıları hesaplanmasında ilk 6 mod dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.52. Örnek 4.3.'e Ait Spektrum Katsayıları Tespiti.

Mod	Periyot (T)		S(T)	
	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad
1	0,4926	0,5005	2,116	2,090
2	0,4243	0,3740	2,385	2,500
3	0,3344	0,2986	2,500	2,500
4	0,1537	0,1552	2,500	2,500
5	0,1226	0,1089	2,226	2,089
6	0,0958	0,0865	1,958	1,865

Hesaplanan spektrum katsayıları ve bina genel bilgilerinde belirtilen bilgiler ışığında Çizelge 4.53'de Örnek 4.3'e ait azaltılmış ivme spektrum oridnatı aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.53.Örnek 4.3.'e Ait Spektral İvme Değerleri Ve Azaltılmış İvme Spektrumu.

Mod	A (T)		R(T)		Spa(T)	
	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad
1	0,762	0,752	7	7	1,068	1,054
2	0,858	0,900	7	7	1,203	1,261
3	0,900	0,900	7	7	1,261	1,261
4	0,900	0,900	7	7	1,261	1,261
5	0,801	0,752	6	5,5	1,311	1,343
6	0,705	0,671	5	4,7	1,380	1,410

Azaltılmış ivme spektrum katsayıları elde edildikten sonra toplam eşdeğer deprem yükü bulunup deprem kuvvetleri hesaplanmıştır. Her iki programda modlardan gelen katkıları birleştirirken Tam Karasel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmaktadır.

4.2.3.4. X Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Sta4-Cad ve SAP2000 programında her iki deprem yönü için sadece bir kere kat kütle merkezine göre yapı periyotları hesaplandığı için X ve Y deprem yönleri için aynı spektrum katsayıları S(T) kullanılmıştır.

Bu örnek simetrik bir plana sahip değildir. Deprem düzensizlik kontrolleri yapılırken +X ve +Y yatay deprem yönleri seçilmiştir. Bu yönlerin seçilmesindeki temel unsur ; yapının simetrisinden dolayı düzensizlik beklenen yönler olmasıdır. Aşağıdaki kontroller bu bilgiler ışığında yapılmıştır.

Çizelge 4.54**.** Örnek 4.3.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti.

Kat	**X Yönü Deprem kuvveti (t)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**
5	116,09	114,63
4	83,15	82,11
3	62,36	61,58
2	41,58	41,05
1	20,79	20,53

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılması gerekmektedir. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup; X ve Y doğrultusundaki maksimum doğal titreşim periyotlarına ($T_{1x,}$ T_{1y}) göre Spektrum Katsayılarını hesaplayıp deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz. Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.55**.** Sap2000 Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
5	0,0107	0,01	0,00130	0,00120	0,00125	1,040	-
4	0,0094	0,0088	0,00200	0,00180	0,00190	1,053	1,520
3	0,0074	0,007	0,00260	0,00240	0,00250	1,040	1,316
2	0,0048	0,0046	0,00280	0,00260	0,00270	1,037	1,080
1	0,002	0,002	0,00200	0,00200	0,00200	1,000	0,741

Çizelge 4.56. Sap2000 Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
5	0,0107	0,00130	7,00	0,00910	3,50	0,0026
4	0,0094	0,00200	7,00	0,01400	3,50	0,0040
3	0,0074	0,00260	7,00	0,01820	3,50	0,0052
2	0,0048	0,00280	7,00	0,01960	3,50	0,0056
1	0,002	0,00200	7,00	0,01400	3,50	0,0040

Çizelge 4.57. Sap2000 Programı İle Örnek 4.2.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i (ton)	$\sum W_j$(ton)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
5	595,40	595,40	0,00125	116,09	3,50	0,0018
4	595,40	1190,80	0,00190	199,24	3,50	0,0032
3	595,40	1786,20	0,00250	261,60	3,50	0,0049
2	595,40	2381,60	0,00270	303,18	3,50	0,0061
1	595,40	2977,00	0,00200	323,97	3,50	0,0053

Çizelge 4.58. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
5	0,00965	0,00924	0,00120	0,00113	0,00117	1,03	-
4	0,00845	0,00810	0,00185	0,00177	0,00181	1,02	1,55
3	0,00660	0,00634	0,00235	0,00225	0,00230	1,02	1,27
2	0,00425	0,00409	0,00253	0,00244	0,00248	1,02	1,08
1	0,00171	0,00165	0,00171	0,00165	0,00168	1,02	0,68

Çizelge 4.59. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
5	0,00965	0,00120	7,00	0,00839	3,50	0,0024
4	0,00845	0,00185	7,00	0,01296	3,50	0,0037
3	0,00660	0,00235	7,00	0,01646	3,50	0,0047
2	0,00425	0,00253	7,00	0,01774	3,50	0,0051
1	0,00171	0,00171	7,00	0,01198	3,50	0,0034

Çizelge 4.60. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
5	595,40	595,40	0,00117	114,63	3,50	0,0021
4	595,40	1190,80	0,00181	196,74	3,50	0,0036
3	595,40	1786,20	0,00230	258,32	3,50	0,0051
2	595,40	2381,60	0,00248	299,38	3,50	0,0063
1	595,40	2977,00	0,00168	319,90	3,50	0,0050

Çizelge 4.61**.** Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

KAT NO	SAP2000 v.14 X yönü (+%5)				STA4Cad v.13 X yönü (+%5)			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
5	1,040	-	0,0026	0,0018	1,03	-	0,0024	0,0021
4	1,053	1,520	0,0040	0,0032	1,02	1,55	0,0037	0,0036
3	1,040	1,316	0,0052	0,0049	1,02	1,27	0,0047	0,0051
2	1,037	1,080	0,0056	0,0061	1,02	1,08	0,0051	0,0063
1	1,000	0,741	0,0040	0,0053	1,02	0,68	0,0034	0,0050
	$(\eta_{bi})_{max}$=1,053 ≤ 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{bi})_{max}$=1,03 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)			
	$(\eta_{ki})_{max}$=1,52 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$=1,55< 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0056 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0051 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$=0,0061 <0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$ =0,0063<0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

4.2.3.5. Y Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Sta4-Cad ve SAP2000 programında her iki deprem yönü için sadece bir kere kat kütle merkezine göre yapı periyotları hesaplandığı için Xve Y deprem yönleri için aynı spektrum katsayıları S(T) kullanılmıştır.

Bu örnek simetrik bir plana sahip değildir.Deprem düzensizlik kontrolleri yapılırken +X ve +Y yatay deprem yönleri seçilmiştir.Bu yönlerin seçilmesindeki temel unsur ; yapının simetrisinden dolayı düzensizlik beklenen yönler olmasıdır.Aşağıdaki kontroller bu bilgiler ışığında yapılmıştır.

Çizelge 4.62. Örnek 4.3.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti

Kat	Y Yönü Deprem kuvveti (t)	
	Sap2000	Sta4-Cad
5	130,85	137,16
4	93,72	98,24
3	70,29	73,68
2	46,86	49,12
1	23,43	24,56

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılması gerekmektedir. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup daha sonra bu periyotlara göre deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.63. Sap2000 Programı İle Örnek4.3.'e Ait +Y(%5)Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
5	0,0114	0,0071	0,00190	0,00120	0,00155	1,226	-
4	0,0095	0,0059	0,00250	0,00150	0,00200	1,250	1,290
3	0,007	0,0044	0,00280	0,00170	0,00225	1,244	1,125
2	0,0042	0,0027	0,00260	0,00170	0,00215	1,209	0,956
1	0,0016	0,001	0,00160	0,00100	0,00130	1,231	0,605

Çizelge 4.64**.** Sap2000 Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
5	0,0114	0,00190	7,00	0,01330	3,50	0,0038
4	0,0095	0,00250	7,00	0,01750	3,50	0,0050
3	0,007	0,00280	7,00	0,01960	3,50	0,0056
2	0,0042	0,00260	7,00	0,01820	3,50	0,0052
1	0,0016	0,00160	7,00	0,01120	3,50	0,0032

Çizelge 4.65**.** Sap2000 Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
5	595,40	595,40	0,00155	130,85	3,50	0,0020
4	595,40	1190,80	0,00200	224,57	3,50	0,0030
3	595,40	1786,20	0,00225	294,86	3,50	0,0039
2	595,40	2381,60	0,00215	341,72	3,50	0,0043
1	595,40	2977,00	0,00130	365,15	3,50	0,0030

Çizelge 4.66**.** Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
5	0,00893	0,00464	0,00145	0,00075	0,00110	1,32	-
4	0,00748	0,00389	0,00189	0,00097	0,00143	1,32	1,30
3	0,00559	0,00292	0,00219	0,00112	0,00165	1,32	1,16
2	0,00341	0,00180	0,00213	0,00110	0,00162	1,32	0,98
1	0,00128	0,00070	0,00128	0,00070	0,00099	1,30	0,61

Çizelge 4.67. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
5	0,00893	0,00145	7,00	0,01016	3,50	0,0029
4	0,00748	0,00189	7,00	0,01322	3,50	0,0038
3	0,00559	0,00219	7,00	0,01530	3,50	0,0044
2	0,00341	0,00213	7,00	0,01490	3,50	0,0043
1	0,00128	0,00128	7,00	0,00896	3,50	0,0026

Çizelge 4.68. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.3.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i (ton)	$\sum W_j$(ton)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
5	595,40	595,40	0,00110	137,16	3,50	0,0015
4	595,40	1190,80	0,00143	235,40	3,50	0,0023
3	595,40	1786,20	0,00165	309,08	3,50	0,0030
2	595,40	2381,60	0,00162	358,20	3,50	0,0034
1	595,40	2977,00	0,00099	382,76	3,50	0,0024

Çizelge 4.69. Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

KAT NO	SAP2000 v.14 Y yönü (+%5)				STA4Cad v.13 Y yönü (+%5)			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
5	1,226	-	0,0038	0,0020	1,32	-	0,0029	0,0015
4	1,250	1,290	0,0050	0,0030	1,32	1,30	0,0038	0,0023
3	1,244	1,125	0,0056	0,0039	1,32	1,16	0,0044	0,0030
2	1,209	0,956	0,0052	0,0043	1,32	0,98	0,0043	0,0034
1	1,231	0,605	0,0032	0,0030	1,30	0,61	0,0026	0,0024
	$(\eta_{bi})_{max}$=1,25 > 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği vardır)				$(\eta_{bi})_{max}$=1,32 > 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği vardır)			
	$(\eta_{ki})_{max}$=1,29 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$=1,30< 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0056 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0044 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$=0,0043 <0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$=0,0034<0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

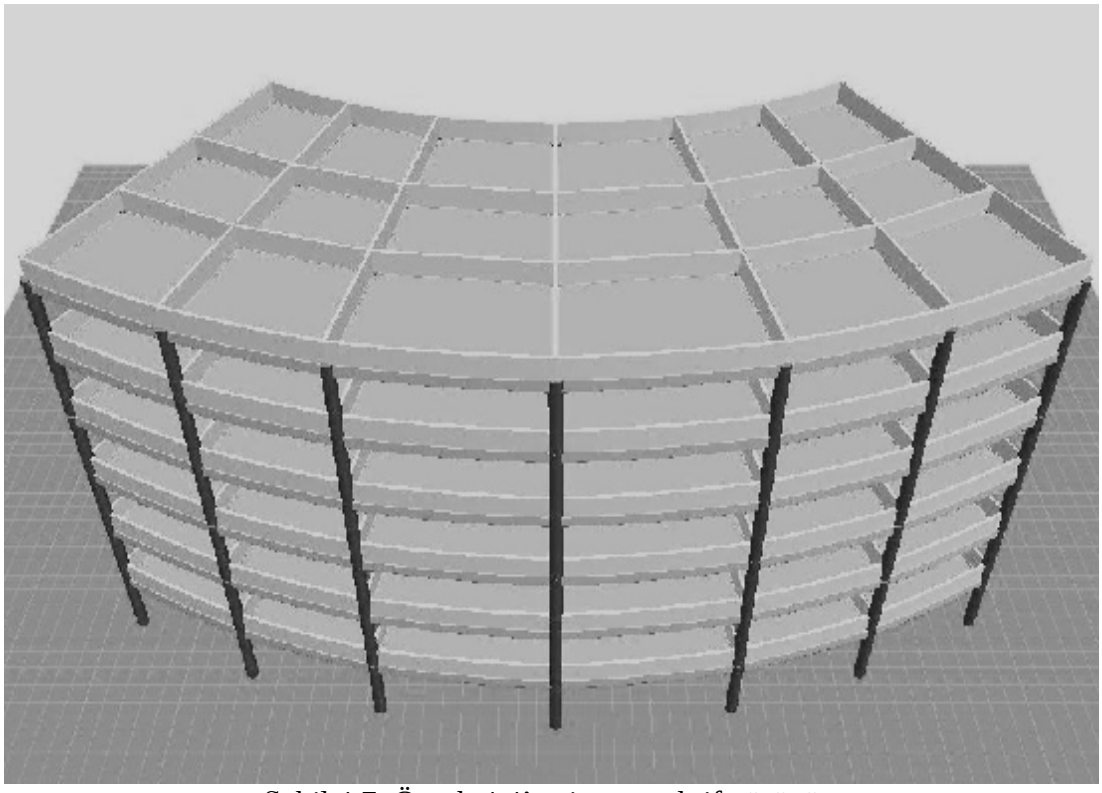
Örnek 4.3. için her iki programdaki deprem düzensizlikleri incelendiğinde X ve Y yönlerine ait düzensizlik sonuçlarının birbirine çok yakın çıktığı görülmektedir.

DBYBHY-2007'nin öngördüğü düzensizlik kontrolleri çerçevesinde X yatay deprem yönü için herhangi bir düzensizlik bulunmazken ; Y yatay deprem yönü için Sta4-Cad ve Sap2000 programlarının her ikisinde de sadece A1 Burulma Düzensizliği bulunmuştur. Her iki programda da bütün katlarda bu düzensizlik görülmektedir.

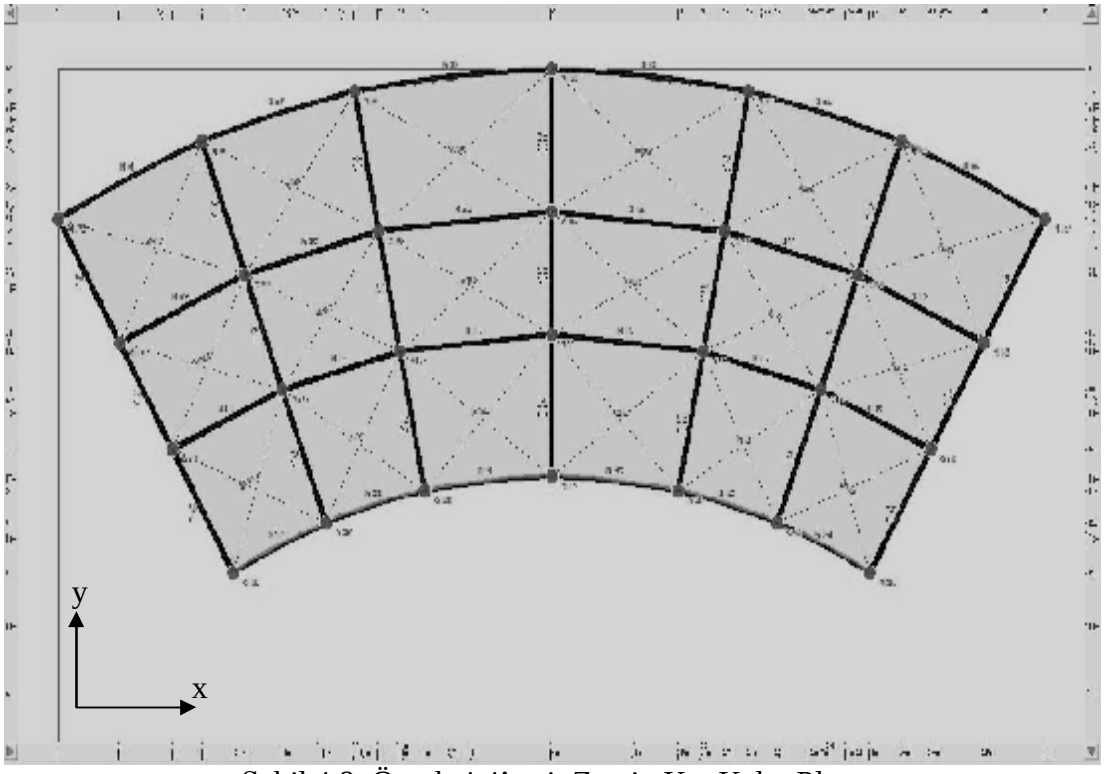
Arada oluşan bu farklılığın yapının Y yönündeki deprem tasarım kuvveti uygulaması sırasında oluşan minimum deplasman hesaplamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sta4-Cad programı ile yapılan analiz sonucunda minimum kat deplasmanları Sap2000 programına göre daha küçüktür.

4.2.4. Örnek 4.4.

Bu örnekte yay şeklinde farklı bir mimariye sahip, tamamen dairesel kolonlardan oluşan 6 katlı betonarme bir işyeri binası seçilmiştir. Diğer örneklerden farklı olarak simetrik olmayan bir yapı tercih edilmiştir.



Şekil 4.7. Örnek 4.4'e ait perspektif görünüş.



Şekil 4.8. Örnek 4.4'e ait Zemin Kat Kalıp Planı

4.2.4.1. Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 6 Normal Kat
Bina Türü	: İşyeri
Taşyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeveli sistem
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	: 8
Deprem Bölgesi	: 2.Bölge
Yerel Zemin Sınıfı	: Z2
Analiz Tipi	: Dinamik analiz
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1,40
Yatay Yük Dışmerkezliği	: % 5
Beton ve Çelik Sınıfı	: BS25-BÇIII
Zemin Emniyet Gerilmesi	: 20 t/m^2
Zemin Yatak Katsayısı	: 2760 t/m^3
Kat Yüksekliği	: 3,50 m

Sta4-Cad programında kat ağırlığında hesaplanmak üzere Döşemelerin 17 cm kalınlıkta plak döşeme olarak modellenmiştir. Döşeme sabit yükü 0,595 t/m^2, hareketli yük olarak 0,3 t/m^2 olarak alınmıştır. Kirişlerde kat ağırlığında 0,77 t/m değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.70**.** Örnek 4.4.'ün Kolon Boyutları.

KAT NO	KOLON NO	BOYUT (R) (cm)
1	Tüm Kolonlar	60
2	Tüm Kolonlar	60
3	Tüm Kolonlar	60
4	Tüm Kolonlar	60
5	Tüm Kolonlar	60
6	Tüm Kolonlar	60

Tüm katlardaki kiriş kesitleri 30x50 cmxcm olup Sta4-Cad programında tablasız kiriş opsiyonu seçilmiştir.

4.2.4.2. Kat Ağırlıkları Hesabı

Örnek 4.4 için kat ağırlığı hesabında, Denk.(2.6)'ya göre hesaplanacaktır. Hareketli Yük Katılım Katsayısı Tablo(2.7)'ye göre 0,3 seçilmiştir. Örneklerde kullanılmak üzere Sta4-Cad programında elde edilen kat ağırlıkları Sap2000 programında da kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.71.'de Sta4-Cad programında bulunan kat ağırlıkları aşağıda verilmiştir.

$$w_i = g_i + nq_i \tag{2.6}$$

Çizelge 4.71**.** Örnek 4.4.'e Ait Sta4-Cad Programında Elde Edilen Kat Ağırlıkları.

Kat No	**H(m)**	**W_g (ton)**	**W_q(ton)**	**W_k(ton)**
6	21	627,86	195,69	686,562
5	17,5	627,86	195,69	686,562
4	14	627,86	195,69	686,562
3	10,5	627,86	195,69	686,562
2	7	627,86	195,69	686,562
1	3,5	627,86	195,69	686,562
			ΣW_k	4119,37

4.2.4.3. Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı

Her iki programda karşılaştırma yapılması için Sta4-Cad'de hesaplanan yapı burulma kütle atalet momentleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.72**.** Örnek 4.4.'e Ait Sta4-Cad Programında Bulunan Kat Kütle Eylemsizlik Momentlerinin Hesabı.

Kat No	**A(m^2)**	**I_x(m^4)**	**I_y(m^4)**	**m_i(w_i/g)**	**θ $(I_x+I_y)/A$**	**m_i θ**
6	658,25	15064,3	86077,4	69,986	153,65	10753,508
5	658,25	15064,3	86077,4	69,986	153,65	10753,508
4	658,25	15064,3	86077,4	69,986	153,65	10753,508
3	658,25	15064,3	86077,4	69,986	153,65	10753,508
2	658,25	15064,3	86077,4	69,986	153,65	10753,508
1	658,25	15064,3	86077,4	69,986	153,65	10753,508

DBYBHY-2007'e göre Sap2000 programında birbirine dik her iki deprem doğrultusu için kat kütle eylemsizlik momenti her katın ağırlık merkezine uygulanmıştır. Bu şekilde X ve Y deprem yönleri için sadece bir kere analiz yapılmıştır. Sap2000 ve Sta4-Cad programlarında kullanılacak mod sayısı opsiyonel olarak ayarlanabilmektedir. Bu tezde Sap2000 için 18 mod Sta4-Cad için 9 mod kullanılmıştır. Her iki programa ait titreşim modları ve bu modlara ait periyotlar ile etkin kütle katılım oranları verilmiştir.

Çizelge 4.73**.** Örnek 4.4.'e Ait Yapının Sap2000 Programı İle Elde Edilen Doğal Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları.

Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları					
SAP2000 V.14					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	x	0,9994	0,7251	0,0000	0,2148
2	y	0,9244	0,0000	0,8283	0,5500
3	x	0,7973	0,1006	0,0000	0,0615
4	x	0,3135	0,0909	0,0000	0,0266
5	y	0,2928	0,0000	0,1025	0,0680
6	x	0,2523	0,0114	0,0000	0,0080
7	x	0,1698	0,0361	0,0000	0,0102
8	y	0,1608	0,0000	0,0386	0,0257
9	x	0,1384	0,0037	0,0000	0,0034
10	x	0,1085	0,0186	0,0000	0,0050
11	y	0,1047	0,0000	0,0191	0,0127
12	b	0,0898	0,0014	0,0000	0,0019
13	x	0,0774	0,0090	0,0000	0,0023
14	y	0,0759	0,0000	0,0090	0,0059
15	b	0,0648	0,0005	0,0000	0,0010
16	x	0,0621	0,0026	0,0000	0,0007
17	y	0,0615	0,0000	0,0025	0,0017
18	b	0,0524	0,0001	0,0000	0,0004
			100,00%	100,00%	100,00%

Çizelge 4.74. Örnek 4.4.'e Ait Yapının Sta4-Cad Programı İle Elde Edilen Doğal Periyot Ve Etkin Kütle Katılım Oranları.

Yapının Doğal Periyot ve Etkin Kütle Katılım Oranları					
STA4CAD V.13					
Mod	**Yön**	**T(sn)**	**M_{xr}**	**M_{yr}**	**M_{br}**
1	y	1,0008	0,0122	0,8029	0,0004
2	x	0,9989	0,7818	0,0126	0,0215
3	b	0,7816	0,0226	0,0000	0,7993
4	x	0,3118	0,0795	0,0235	0,0002
5	y	0,3116	0,0228	0,0820	0,0006
6	b	0,2471	0,0026	0,0000	0,0995
7	x	0,1666	0,0385	0,0030	0,0009
8	y	0,1664	0,0029	0,0394	0,0001
9	b	0,1349	0,0008	0,0000	0,0400
			96,36%	96,33%	96,24%

Yukarıdaki periyotlar incelendiğinde elde edilen periyotların birbirine yakın oldukları görülmüştür.Analizi yapılan bina, süneklik düzeyi yüksek sistem olarak kabul edilmiştir. Tablo(2.5)'te belirtilen taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) deprem yüklerinin çerçeve sistemi ile taşındığı binalar için 8 alınmıştır.

Yerel zemin sınıfı Z2 alındığından Tablo2.4'e göre Spektrum Karakteristik periyotları T_A=0.15 s – T_B=0.40 s alınmıştır.

DBYBHY-2007, 2.8.2.1 bölümünde belirtilen etkin kütle toplamının bina toplam kütlesinin %90'ından az olmaması kuralına göre Sap2000 ve Sta4-Cad programlarında elde edilen periyotlara göre spektrum katsayıları hesaplanmasında ilk 6 mod dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.75. Örnek 4.4.'e Ait Spektrum Katsayıları Tespiti.

Mod	Periyot (T)		S(T)	
	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad
1	0,9994	1,0008	1,202	1,200
2	0,9244	0,9989	1,279	1,202
3	0,7973	0,7816	1,44	1,463
4	0,3135	0,3118	2,500	2,500
5	0,2928	0,3116	2,500	2,500
6	0,2523	0,2471	2,500	2,500

Hesaplanan spektrum katsayıları ve bina genel bilgilerinde belirtilen bilgiler ışığında Çizelge 4.76'da Örnek 4.4'e ait azaltılmış ivme spektrum oridnatı aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.76**.** Örnek 4.4.'e Ait Spektral İvme Değerleri Ve Azaltılmış İvme Spektrumu.

Mod	A (T)		R(T)		Spa(T)	
	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad	Sap2000	Sta4-Cad
1	0,505	0,504	8	8	0,619	0,618
2	0,537	0,505	8	8	0,659	0,619
3	0,605	0,614	8	8	0,742	0,753
4	1,050	1,050	8	8	1,288	1,288
5	1,050	1,050	8	8	1,288	1,288
6	1,050	1,050	8	8	1,288	1,288

Azaltılmış ivme spektrum katsayıları elde edildikten sonra toplam eşdeğer deprem yükü bulunup deprem kuvvetleri hesaplanmıştır. Her iki programda modlardan gelen katkıları birleştirirken Tam Karasel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanmaktadır.

4.2.4.4. X Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Sta4-Cad ve SAP2000 programında her iki deprem yönü için sadece bir kere kat kütle merkezine göre yapı periyotları hesaplandığı için X ve Y deprem yönleri için aynı spektrum katsayıları S(T) kullanılmıştır.

Deprem düzensizlik kontrolleri yapılırken +X ve +Y yatay deprem yönleri seçilmiştir. Bu yönlerin seçilmesindeki temel unsur ; yapının simetrisinden dolayı düzensizlik beklenen yönler olmasıdır. Aşağıdaki kontroller bu bilgiler ışığında yapılmıştır.

Çizelge 4.77. Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti

Kat	**X Yönü Deprem kuvveti (t)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**
6	82,61	82,64
5	59,09	59,12
4	47,27	47,30
3	35,46	35,47
2	23,64	23,66
1	11,82	11,82
	259,89	260,02

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılması gerekmektedir. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup; X ve Y doğrultusundaki maksimum doğal titreşim periyotlarına ($T_{1x,}$ T_{1y}) göre Spektrum Katsayılarını hesaplayıp deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Binamız kolonlu çerçeve sistem olduğu için R katsayısı azaltmak faktörü değerlendirilmeden R=8 alınmıştır. Toplam eşdeğer deprem yükü bulunduktan sonra hesaplanan deprem kuvvetlerine göre elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.78. Sap2000 Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
6	0,0253	0,0206	0,00210	0,00180	0,00195	1,077	-
5	0,0232	0,0188	0,00360	0,00280	0,00320	1,125	1,641
4	0,0196	0,016	0,00460	0,00380	0,00420	1,095	1,313
3	0,015	0,0122	0,00550	0,00440	0,00495	1,111	1,179
2	0,0095	0,0078	0,00560	0,00460	0,00510	1,098	1,030
1	0,0039	0,0032	0,00390	0,00320	0,00355	1,099	0,696

Çizelge 4.79**.** Sap2000 Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
6	0,0253	0,00210	8,00	0,01680	3,50	0,0048
5	0,0232	0,00360	8,00	0,02880	3,50	0,0082
4	0,0196	0,00460	8,00	0,03680	3,50	0,0105
3	0,015	0,00550	8,00	0,04400	3,50	0,0126
2	0,0095	0,00560	8,00	0,04480	3,50	0,0128
1	0,0039	0,00390	8,00	0,03120	3,50	0,0089

Çizelge 4.80. Sap2000 Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i (ton)	$\sum W_j$(ton)	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
6	686,56	686,56	0,00195	82,61	3,50	0,0046
5	686,56	1373,12	0,00320	141,70	3,50	0,0089
4	686,56	2059,69	0,00420	188,98	3,50	0,0131
3	686,56	2746,25	0,00495	224,43	3,50	0,0173
2	686,56	3432,81	0,00510	248,07	3,50	0,0202
1	686,56	4119,37	0,00355	259,89	3,50	0,0161

Çizelge 4.81. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
6	0,02325	0,02098	0,00217	0,00191	0,00204	1,06	-
5	0,02107	0,01907	0,00334	0,00298	0,00316	1,06	1,55
4	0,01774	0,01609	0,00432	0,00388	0,00410	1,05	1,30
3	0,01341	0,01221	0,00501	0,00451	0,00476	1,05	1,16
2	0,00841	0,00770	0,00512	0,00466	0,00489	1,05	1,03
1	0,00328	0,00304	0,00328	0,00304	0,00316	1,04	0,65

Çizelge 4.82**.** Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
6	0,02325	0,00217	8,00	0,01738	3,50	0,0050
5	0,02107	0,00334	8,00	0,02668	3,50	0,0076
4	0,01774	0,00432	8,00	0,03460	3,50	0,0099
3	0,01341	0,00501	8,00	0,04006	3,50	0,0114
2	0,00841	0,00512	8,00	0,04097	3,50	0,0117
1	0,00328	0,00328	8,00	0,02628	3,50	0,0075

Çizelge 4.83. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +X(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
6	686,56	686,56	0,00204	82,64	3,50	0,0053
5	686,56	1373,12	0,00316	141,76	3,50	0,0098
4	686,56	2059,68	0,00410	189,06	3,50	0,0147
3	686,56	2746,24	0,00476	224,53	3,50	0,0192
2	686,56	3432,80	0,00489	248,19	3,50	0,0219
1	686,56	4119,36	0,00316	260,02	3,50	0,0159

Çizelge 4.84**.** Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +X(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

KAT NO	SAP2000 v.14 X yönü (+%5)				STA4Cad v.13 X yönü (+%5)			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
6	1,077	-	0,0048	0,0046	1,06	-	0,0050	0,0053
5	1,125	1,641	0,0082	0,0089	1,06	1,55	0,0076	0,0098
4	1,095	1,313	0,0105	0,0131	1,05	1,30	0,0099	0,0147
3	1,111	1,179	0,0126	0,0173	1,05	1,16	0,0114	0,0192
2	1,098	1,030	0,0128	0,0202	1,05	1,03	0,0117	0,0219
1	1,099	0,696	0,0089	0,0161	1,04	0,65	0,0075	0,0159
	$(\eta_{bi})_{max}$=1,125 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{bi})_{max}$=1,06 < 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği yoktur)			
	$(\eta_{ki})_{max}$=1,641 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$=1,65< 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0128 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$= 0,0117 <0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$=0,0202 <0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$ =0,0193<0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

4.2.4.5. Y Deprem Yönüne ait Deprem Kuvveti ve Düzensizlik Kontrolleri

Sta4-Cad ve SAP2000 programında her iki deprem yönü için sadece bir kere kat kütle merkezine göre yapı periyotları hesaplandığı için X ve Y deprem yönleri için aynı spektrum katsayıları S(T) kullanılmıştır.

Deprem düzensizlik kontrolleri yapılırken +X ve +Y yatay deprem yönleri seçilmiştir. Bu yönlerin seçilmesindeki temel unsur; yapının simetrisinden dolayı düzensizlik beklenen yönler olmasıdır. Aşağıdaki kontroller bu bilgiler ışığında yapılmıştır.

Çizelge 4.85. Örnek 4.4.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Deprem Kuvveti.

Kat	**Y Yönü Deprem kuvveti (t)**	
	Sap2000	**Sta4-Cad**
6	87,93	82,52
5	62,90	59,03
4	50,32	47,23
3	37,74	35,42
2	25,16	23,63
1	12,58	11,81
	276,62	259,63

Deprem kuvvetleri hesaplandıktan sonra DBYBHY-2007'de öngörülen Eşdeğer Deprem Kuvveti ile kıyaslama yapılması gerekmektedir. Biz bu tezde; iki programda modal analiz sonucu oluşan periyotları bulup daha sonra bu periyotlara göre deprem kuvvetleri ve düzensizlikleri inceleyeceğiz Deprem kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre hesaplanmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinden elde edilen düzensizlik kontrolleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.86. Sap2000 Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
6	0,0293	0,0163	0,00260	0,00140	0,00200	1,300	-
5	0,0267	0,0149	0,00400	0,00220	0,00310	1,290	1,550
4	0,0227	0,0127	0,00530	0,00300	0,00415	1,277	1,339
3	0,0174	0,0097	0,00630	0,00340	0,00485	1,299	1,169
2	0,0111	0,0063	0,00650	0,00370	0,00510	1,275	1,052
1	0,0046	0,0026	0,00460	0,00260	0,00360	1,278	0,706

Çizelge 4.87. Sap2000 Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	**R**	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
6	0,0293	0,00260	8,00	0,02080	3,50	0,0059
5	0,0267	0,00400	8,00	0,03200	3,50	0,0091
4	0,0227	0,00530	8,00	0,04240	3,50	0,0121
3	0,0174	0,00630	8,00	0,05040	3,50	0,0144
2	0,0111	0,00650	8,00	0,05200	3,50	0,0149
1	0,0046	0,00460	8,00	0,03680	3,50	0,0105

Çizelge 4.88.Sap2000 Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
6	686,56	686,56	0,00200	87,93	3,50	0,0045
5	686,56	1373,12	0,00310	150,83	3,50	0,0081
4	686,56	2059,69	0,00415	201,15	3,50	0,0121
3	686,56	2746,25	0,00485	238,88	3,50	0,0159
2	686,56	3432,81	0,00510	264,04	3,50	0,0189
1	686,56	4119,37	0,00360	276,62	3,50	0,0153

Çizelge 4.89. Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Burulma Ve Yumuşak Kat Düzensizlikleri Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(d_1)_{min}$	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}	η_{ki}
6	0,01010	0,00834	0,00086	0,00073	0,00079	1,21	-
5	0,00924	0,00761	0,00126	0,00105	0,00116	1,21	1,53
4	0,00798	0,00656	0,00162	0,00134	0,00148	1,21	1,29
3	0,00636	0,00522	0,00190	0,00157	0,00173	1,21	1,16
2	0,00446	0,00366	0,00213	0,00175	0,00194	1,22	1,03
1	0,00233	0,00191	0,00233	0,00191	0,00212	1,23	0,64

Çizelge 4.90.Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü.

KAT NO	$(d_1)_{max}$	$(\Delta_i)_{max}$	R	$(\delta_i)_{max}$	h_i	$(\delta_i)_{max}/h_i$
6	0,01010	0,00086	8,00	0,00688	3,50	0,0058
5	0,00924	0,00126	8,00	0,01011	3,50	0,0089
4	0,00798	0,00162	8,00	0,01294	3,50	0,0115
3	0,00636	0,00190	8,00	0,01521	3,50	0,0134
2	0,00446	0,00213	8,00	0,01707	3,50	0,0138
1	0,00233	0,00233	8,00	0,01863	3,50	0,0089

Çizelge 4.91**.** Sta4-Cad Programı İle Örnek 4.4.'e Ait +Y(%5) Deprem Yönü İçin Hesaplanan İkinci Mertebe Etkilerinin Kontrolü.

KAT NO	w_i **(ton)**	$\sum W_j$**(ton)**	$(\Delta_i)_{ort}$	V_i	h_i	θ_i
6	334,68	334,68	0,00079	82,52	3,50	0,0055
5	334,68	669,36	0,00116	141,55	3,50	0,0100
4	334,68	1004,04	0,00148	188,78	3,50	0,0149
3	334,68	1338,72	0,00173	224,20	3,50	0,0195
2	334,68	1673,40	0,00194	247,83	3,50	0,0221
1	334,68	2008,08	0,00212	259,63	3,50	0,0160

Çizelge 4.92**.** Sap.2000 ve Sta4-Cad Programlarında +Y(%5)Deprem Yönü İçin Elde Edilen Düzensizlik Kontrolleri Karşılaştırılması.

KAT NO	**SAP2000 v.14 Y yönü (+%5)**				**STA4Cad v.13 Y yönü (+%5)**			
	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i	η_{bi}	η_{ki}	$(\delta_i)_{max}/h_i$	θ_i
6	1,300	-	0,0059	0,0045	1,21	-	0,0058	0,0055
5	1,290	1,550	0,0091	0,0081	1,21	1,53	0,0089	0,0100
4	1,277	1,339	0,0121	0,0121	1,21	1,29	0,0115	0,0149
3	1,299	1,169	0,0144	0,0159	1,21	1,16	0,0134	0,0195
2	1,275	1,052	0,0149	0,0189	1,22	1,03	0,0138	0,0221
1	1,278	0,706	0,0105	0,0153	1,23	0,64	0,0089	0,0160
	$(\eta_{bi})_{max}$ = 1,3 > 1,2 (DBYBHY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği vardır)				$(\eta_{bi})_{max}$ = 1,23 > 1,2 (TDY 2.3.2.1 A1 Burulma Düzensizliği vardır)			
	$(\eta_{ki})_{max}$ = 1,55 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)				$(\eta_{ki})_{max}$ = 1,53 < 2 (DBYBHY 2.3.2.1 B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği yoktur)			
	$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0149 < 0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır				$(\delta_i)_{max}/h_i$ = 0,0138 < 0,02 DBYBHY 2.19 kosulu sağlanmaktadır			
	$(\theta_i)_{max}$ = 0,0189 < 0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır				$(\theta_i)_{max}$ = 0,0221 < 0,12 DBYBHY 2.20 koşulu sağlanmaktadır			

Örnek 4.4 için her iki programdaki deprem düzensizlikleri incelendiğinde DBYBHY-2007'nin öngördüğü düzensizlik kontrolleri çerçevesinde X yatay deprem yönü için herhangi bir düzensizlik bulunmazken ; Y yatay deprem yönü için Sta4-Cad ve Sap2000 programlarının her ikisinde de sadece A1 Burulma Düzensizliği bulunmuştur. Her iki programda da bütün katlarda bu düzensizlik görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada mühendislik proje bürolarında yaygın olarak kullanılan Sta4-Cad Paket Programı ile dünyada yaygın olarak kullanılan genel amaçlı analiz programı olan Sap2000 programının DBYBHY-2007'de belirtilen deprem yükü hesaplama yöntemleri bakımından karşılaştırılması yapılmıştır.

Sta4-Cad ve Sap2000 programlarının DBYBHY-2007 ışığında çözdüğümüz örneklerdeki betonarme yapılara verdiğimiz düşey ve yatay deprem yüklerine göre deprem hesabı karşılaştırılması yapıldığında ortaya çıkan değerlendirmeler aşağıda belirtilmektedir.

Sap2000 programı genel amaçlı bir analiz programı olması dolayısı ile genelde yurtdışında ve yabancı kökenli firmalar tarafından ilgi görmektedir. Kapsamlı ve büyük projelerde piyasa şartlarına göre en çok tercih edilen programlar arasındadır. Ayrıca Sap2000 programının genel opsiyonlar betonarme standartı için dünyanın birçok gelişmiş ülkesinin standartları bulunmasına rağmen TS500 Türk Standartı ayarları bulunmamaktadır.

Sta4-Cad programında genel opsiyonlarının betonarme standartlarında Türkiye Deprem Yönetmeliği (1995,1997,2007) Avrupa Birliği standartı, Rus Standartı ve UBC gibi seçenekler bulunmaktadır. Ayrıca Sta4-Cad'de modal analizde hesaba katılacak mod sayısının belirlenebilmesi için etkin kütle kümülatif toplamının DBYBHY-2007'de öngörülen %90 değerinden küçük olması durumunda deprem raporunda mod sayısının yetersiz olduğu bildirmektedir.

Bulunan modlar; daha sonra DBYBHY-2007'de tanımlanan zemin sınıfına göre spektrum analizi yapılarak deprem kuvvetleri bulunmaktadır. Bulunan bu kuvvetler; ağırlık merkezinin yönetmelikte öngörülen eksantriste değerleri ile kaydırılması sonucu bulunan noktalara etki ettirilerek deplasmanlar bulunmaktadır. Bu deplasmanlar ışığında düzensizlik kontrolleri yapılmaktadır.

Sta4-Cad programı yapının ağırlık merkezine göre serbestlik dereceleri tanımlayarak modal analiz yapmaktadır.Ayrıca yapının her katına ait rijitlik ve ağırlık merkezlerini hesaplayıp; bu iki nokta arasında fark bulunuyor ise bu farkı ek moment olarak ağırlık merkezine etki ettirmektedir.Bu şekilde yapıların gerçekçi bir şekilde

analizi etkin kılınmaktadır.

Sap2000 ve Sta4-Cad programları ile örneklerden sağlanan sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir;

- Her iki programda elde edilen deprem kuvvetleri ve her bir deprem yönü için hesaplanan düzensizlik sonuçlarının birbirine yakın çıktığı görülmüştür.
- Yapılar modellenirken mümkün mertebe çerçeve sistemler kullanılmalıdır.
- Yapının x ve y boyu arasındaki oran ne kadar artarsa yapıda özellikle A1 Burulma Düzensizliği oluşmaktadır.
- Özellikle A1 Burulma Düzensizliği bulunan yapılarda bu düzensizliği ortadan kaldırmak için; düzensizliğin oluştuğu doğrultu boyunca simetrik perdeler kullanılabilir.
- Yapılarda kullanılan perde yerlerinin yapı davranışına etkisinin çok büyük olduğu, perdelerin yapıya simetrik yerleştirilip, yerleştirilmediğinin yapının deprem karşısındaki davaranışını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.
- Yapılar modellenirken kütle merkezi ile rijitlik merkezinin yakın yada üst üste gelmemesi durumunda yapının depreme karşı davranışının olumsuz yönde etkilendiği, özellikle DBYBHY-2007'de belirtilen A1 Burulma Düzensizliği durumun ortaya çıktığı görülmüştür.

Sta4-Cad ve Sap2000 programlarında; aynı modellemenin yapılıp, aynı veri girişinin olması durumunda yapılan analiz sonuçları birbirine yakın çıkmıştır ve her iki programda benzer düzensizliklere rastlanmıştır.

KAYNAKLAR

AKÇA, T., 2007. Planda Düzensiz Çok Katlı Bir Betonarme Yapının Eşdeğer Deprem Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemine Göre Tasarımı. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü – Y.Lisans Tezi, İstanbul

AMASRALI, S., STA4-CAD Ver-13.0, 2010. Structural Analysis For Computer Aided Design, İstanbul.

AYDINALEV, F., 2000. Çok Katlı Yapıların Yeni Deprem Yonetmeliğine Göre Analizi Ve Yapı Düzensizliklerinin Irdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü - Y. Lisans Tezi, Adana.

CSI, SAP2000, Ver 14.0, 2009. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures, Inc., Berkeley, CA.

DBYBHY-2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

DUMAN, M., 2000. STA4-Cad Hazır Programının Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY98) Bakımından İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü – Y.Lisans Tezi, Adana.

GELİBOLU, İ.S., 2008. STA4-Cad Paket Programı ile Sap2000 analiz programının Mod Birleştirme Yöntemi Kullanarak Karşılaştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü – Y. Lisans Tezi, Adana

ÖZMEN, G., ORAKDÖĞEN, E., DARILMAZ, K., 2009, Örneklerle Sap2000, Birsen Yayınevi, İstanbul

KANDAK Ö.Ö., 2006. Ticari Paket Programların Deprem Yönetmeliği Açısından Karşılaştırılması. P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü – Y. Lisans Tezi, Denizli.

SERİMER, G., 2008. Yapı Analiz Programlarının Modelleme Tekniklerinin Sonuçlarına Göre Karşılaştırılması. G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü – Y. Lisans Tezi, Ankara

T.C. BAŞBAKANLIK AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ BAŞKANLIĞI http://www.deprem.gov.tr (Erişim tarihi: 10 Mart 2010)

TAŞCIOĞLU, A., 2002. Planda Düzensizlik İçeren Yapısal Sistemlerin Analizinde Kullanılan Paket Programların İrdelenmesi. Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü --Y. Lisans Tezi, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Adana'da doğdu. 1998 yılında ilköğretim eğitimi tamamladı. 2001 yılında Özel Özgören Lisesi'nden mezun oldu. 2001 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2005 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2005 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühedisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında Grand Cayman – Karayipler'de otel şantiyesinde süpervizör olarak görev aldı. 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühedisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine devam etti. 2008 yılından itibaren Yapı Denetim Firmasında denetçi kontrol mühendisi olarak görev yapmaktadır.